Электрослесарь по ремонту и монтажу промышленного электрооборудования

Н. В. ВИНОГРАДОВ

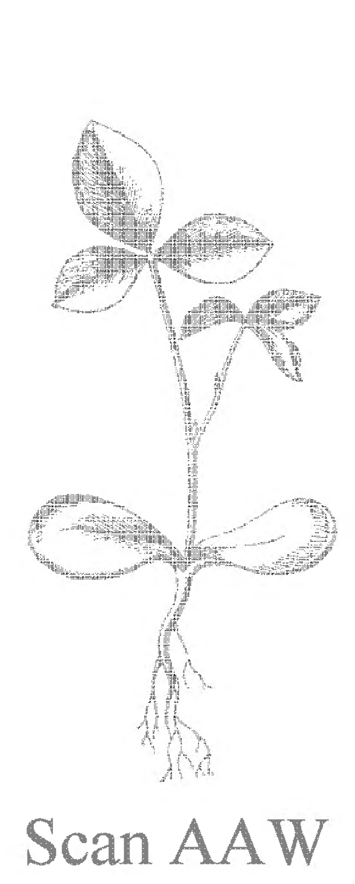
# ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЬ ПО РЕМОНТУ И МОНТАЖУ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

ТРУДРЕЗЕРВИЗДАТ
1959

Н. В. ВИНОГРАДОВ

# ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЬ ПО РЕМОНТУ И МОНТАЖУ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ*




ВСЕСОЮЗНОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТРУДРЕЗЕРВИЗДАТ
Москва 1959

## ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

В книге подробно изложены основы электромонтажного дела, дано описание устройства и ремонта трансформаторов, электрических машин постоянного и переменного тока и электрической аппаратуры.

Составлена книга в соответствии с учебной программой специальной технологии для подготовки в ремесленных училищах электрослесарей по ремонту и монтажу промышленного электрооборудования и предназначена в качестве учебника для этих училищ.

Она может быть полезна также для рабочих электротехнических специальностей в качестве пособия для повышения производственной квалификации.

Со всеми замечаниями по книге просим обращаться по адресу: *Москва, Центр, Хохловский пер., 7, Трудрезервиздат*.

# ВВЕДЕНИЕ

Контрольные цифры развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг., единогласно утвержденные XXI съездом КПСС, предусматривают быстрое развитие электрификации всех отраслей народного хозяйства, дальнейшее развитие машиностроения, особенно тяжелого, производства электрических машин, аппаратуры, приборов и средств автоматизации как важного условия дальнейшего роста производительности труда.

Текущее семилетие явится решающим этапом в осуществлении идеи Ленина о сплошной электрификации страны. В 1965 г. выработка электроэнергии увеличится до 500—520 млрд. *квт-ч*, т. е. в 2,1—2,2 раза по сравнению с 1958 г.; установленная мощность электростанций увеличится более чем в 2 раза. В качестве главного направления в развитии электроэнергетики предусматривается преимущественное строительство тепловых электростанций мощностью каждая миллион киловатт и более с установкой на них агрегатов по 100, 150, 200 и 300 тыс. *квт*.

В 1965 г. будет произведено генераторов к турбинам общей мощностью 17,5—18,4 млн. *квт*, т. е. в 3,4—3,5 раза больше, чем в 1958 г. Электродвигателей переменного тока будет произведено общей мощностью 32—34 млн. *квт*, т. е. в 2,2—2,3 раза больше, чем в 1958 г.

В области машиностроения особое внимание уделяется развитию электротехнической промышленности как важнейшей технической базы электрификации страны. Предусматривается на основе достижений науки и практики резко поднять технический уровень и качество электрических машин, устройств, аппаратов, кабельных изделий, электроизоляционных материалов и удовлетворить потребность в них всех отраслей народного хозяйства и быта трудящихся.

Рост электростанций, электрических сетей, промышленных предприятий требует притока в промышленность квалифицированных кадров. Обучение электромонтажному и ремонтному делу в ремесленных училищах направлено на то, чтобы выпускаемые молодые рабочие сознательно и грамотно относились к выполнению работ по монтажу и эксплуатации промышленных установок и их электрооборудования.

Согласно квалификационной характеристике электрослесарь 4—5-го разряда по ремонту и монтажу промышленного электрооборудования должен уметь:

1) наблюдать за состоянием промышленного электрооборудования на предприятиях и своевременно принимать меры для предупреждения неполадок и аварий;

2) выполнять текущий ремонт, наладку и регулировку электрооборудования предприятия, участвовать в капитальном и среднем ремонте оборудования и ремонте обмоток электрических машин и аппаратов;

3) определять содержание и объем различных видов ремонта;

4) определять технологический процесс ремонта, сборки и монтажа электрооборудования, пользоваться технологической документацией, читать чертежи, составлять схемы и несложные эскизы, правильно применять, заправлять и хранить инструменты, приспособления, приборы и аппараты;

5) соблюдать правила техники безопасности, противопожарных мероприятий и внутреннего распорядка.

Для выполнения этих требований электрослесарь должен знать:

1) назначение, устройство и принцип действия промышленного электрооборудования и правила технической эксплуатации;

2) основные причины неполадок и аварий электрооборудования;

3) технологический процесс ремонта, сборки и монтажа деталей электрооборудования, назначение и применение технологической документации;

4) методы и приемы выполнения слесарных, электромонтажных и обмоточных операций и работ;

5) устройство, конструкцию, назначение, правила подбора и применения рабочих, измерительных, слесарных и электромонтажных инструментов, обращение с ними и приемы их хранения;

6) допуски и посадки, применяемые в электропромышленности;

7) основы электротехники, электроматериаловедения, организацию труда и рабочего места электрослесаря, правила и инструкции по технике безопасности, противопожарным мероприятиям и внутреннему распорядку;

8) основы организации и экономики производства.

Успешная подготовка в учебных заведениях трудовых резервов молодых рабочих для выполнения разнообразных работ по монтажу и ремонту электрооборудования в значительной степени зависит от освоения курса специальной технологии.

Задача настоящего учебника — дать в доступной форме учащимся ремесленных училищ знания, необходимые при выполнении ремонтных и монтажных работ.

---

*Глава I*

# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНОГО ДЕЛА

## § 1. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНОМ ДЕЛЕ

Электротехническими установками называются устройства, производящие, преобразовывающие, распределяющие и потребляющие электрическую энергию.

Для надежной и бесперебойной работы каждая электротехническая установка должна быть правильно спроектирована, обеспечена надлежащим электрооборудованием и электроматериалами; монтаж всех объектов необходимо тщательно выполнять. Требования, предъявляемые к электротехническим установкам, изложены в Правилах устройства электроустановок, выполнение которых обязательно при их проектировании и монтаже.

Монтаж электрических машин и аппаратов — это весьма ответственный, сложный и трудоемкий процесс, требующий тщательной предварительной подготовки. Помимо правильного и качественного выполнения монтажа с чисто технической точки зрения, к монтажным работам предъявляются требования в отношении сроков и стоимости их выполнения. Монтаж крупных электрических машин связан обычно с вводом новых энергетических мощностей или с вводом в эксплуатацию крупных промышленных предприятий в установленные сроки. Таким образом, скоростные и качественные методы монтажа имеют большое значение.

Перед началом монтажа должны быть проведены необходимые организационно-технические мероприятия:

а) составление рабочего проекта организации работ, в котором должны быть указаны технологический процесс и календарный план проведения всех операций;

б) детальная разработка технологического процесса монтажа и доведение его до рабочего места;

в) правильная расстановка рабочей силы и осуществление максимальной механизации монтажных работ;

г) обеспечение безопасности производства работ, а также организация отопления, освещения и вентиляции;

д) обеспечение бесперебойного ведения монтажных работ путем своевременного и комплектного снабжения инструментами и материалами.

Электроустановки подразделяются на установки с номинальным напряжением до 1000 *в* включительно и электроустановки напряжением выше 1000 *в*.

Установки, в которых напряжение любого из проводов по отношению к земле не превышает 250 *в* не только при нормальном состоянии изоляции, но и при режиме замыкания на землю, называются электроустановками низкого напряжения.

Действующими считаются установки, которые полностью или частично находятся под напряжением или на которые в любой момент может быть подано напряжение включением коммутационной аппаратуры.

Наружными, или открытыми, называются электроустановки, находящиеся на открытом воздухе.

Внутренними, или закрытыми, называются электроустановки, находящиеся в помещении. Установки, защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п., рассматриваются как наружные.

Временными называются электроустановки, находящиеся снаружи или внутри помещений и рассчитанные на следующие сроки действия:

а) не более 6 месяцев, если они обслуживают предприятия или же здания, находящиеся в эксплуатации;

б) не более 5 лет, если они обслуживают предприятия или же здания, находящиеся в стадии строительства.

Требования к монтажу электроустановок зависят от характера помещений, в которых они устанавливаются.

Сухими называются помещения, в которых относительная влажность не превышает 60%. При отсутствии в таких помещениях пыли, высокой температуры (более 30°) и химически активной среды они называются нормальными.

Влажными называются помещения, в которых пары или конденсирующаяся влага выделяются лишь временно и притом в небольших количествах (например кухни в квартирах, неотапливаемые лестничные клетки жилых домов и т. п.). Относительная влажность в этих помещениях не должна превышать длительно 75%.

Сырыми называются помещения, в которых относительная влажность длительно превышает 75%.

Особо сырыми называются помещения с относительной влажностью воздуха, близкой к 100%, т. е. когда потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой.

Жаркими называются помещения с температурой воздуха выше 30°.

Пыльными называются помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать в кожухи электрооборудования и т. п. В зависимости от того, является ли вещество пыли проводящим или непроводящим ток, помещения подразделяются на помещения с проводящей пылью и на помещения с непроводящей пылью.

Помещениями с химически активной средой называются такие помещения, в которых по условиям производства имеются (постоянно или продолжительное время) пары или отложения, которые могут влиять разрушающим образом на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Пожароопасными называются помещения или наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие вещества. Пожароопасные помещения делятся на четыре класса:

1. Помещения класса П-I. К ним относятся помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°, к примеру склады минеральных масел, установки по регенерации минеральных масел и т. п.

2. Помещения класса П-II. К ним относятся помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние. В таких помещениях может произойти пожар. Опасности взрыва нет либо в силу физических свойств пыли или волокон (степень измельчения, влажность и т. п., при которых нижний предел взрыва составляет более 65 *г/м*³), либо в силу того, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций. К таким помещениям относятся, в частности, деревообделочные цехи, малозапыленные помещения мельниц и элеваторов.

3. Помещения класса П-IIа. К ним относятся производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и т. п.), причем признаки, перечисленные в характеристике помещений класса П-II, отсутствуют.

4. Помещения класса П-III. К ним относятся также наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°, открытые склады минеральных масел, открытые склады для твердых горючих веществ, т. е. угля, дерева, торфа и т. п.

Взрывоопасными называются помещения и наружные установки, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси:

а) горючих газов или паров с воздухом или кислородом, а также с другими газами-окислителями (например с хлором);

б) горючих пылей или волокон с воздухом при переходе их во взвешенное состояние.

Взрывоопасные помещения разделяются на шесть классов:

1. Помещения класса В-I. К ним относятся помещения, в которых выделяются горючие газы или пары в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они могут образовать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси не только при аварийных, но и при нормальных недлительных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, при хранении или переливании легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, находящихся в открытых сосудах, и т. д.

2. Помещения класса В-Iа. К этой группе принадлежат помещения, в которых взрывоопасные смеси горючих паров или газов с воздухом или другими окислителями при нормальной эксплуатации не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

3. Помещения класса В-Iб. К ним относятся те же помещения, что и класса В-Iа, но имеющие одну из следующих особенностей:

а) горючие газы в этих помещениях обладают высоким нижним пределом взрываемости (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях, например машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок;

б) образование в аварийных случаях взрывоопасной концентрации в объеме всего помещения по условиям технологического процесса исключается, а возможна лишь местная взрывоопасная концентрация, например помещения для электролиза воды и поваренной соли;

в) горючие газы и легковоспламеняющиеся и горючие жидкости имеются в помещениях в небольших количествах, и работа с ними производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами (лабораторные и опытные установки).

4. Помещения класса В-Iг. В их число входят наружные установки, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (в частности газгольдеры, сливные и наливные эстакады и т. п.), где взрывоопасные смеси образуются только в результате аварий или неисправностей.

5. Помещения класса В-II. К ним относятся помещения, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыль или волокна, обладающие такими свойствами, что они способны образовать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси не только при аварийных, но и при нормальных недлительных режимах работы.

6. Помещения класса В-IIа. К ним относятся помещения, в которых опасное состояние, указанное для помещений класса В-II, не имеет места при нормальной эксплуатации, а возможно только в результате аварий или неисправностей.

В зависимости от степени опасности поражения людей электрическим током различаются следующие помещения.

Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырости или проводящей пыли; токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т. п.); высокой (выше 30°) температуры и возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости; химически активной среды; одновременного наличия двух или более признаков повышенной опасности.

Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную и особую опасность.

Электрические машины и аппараты бывают нескольких типов.

Машинами или аппаратами открытыми называются такие, которые не имеют специальных приспособлений для предохранения от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также для предотвращения попадания внутрь машин посторонних предметов.

Машины или аппараты защищенные имеют приспособления для предохранения от случайного прикосновения к вращающимся и токоведущим частям, а также для предотвращения попадания внутрь машин посторонних предметов.

Машины или аппараты каплезащищенные — это защищенные машины или аппараты, имеющие приспособления для предохранения их внутренних частей от попадания капель влаги, падающих отвесно.

Машины или аппараты брызгозащищенные — это защищенные машины или аппараты, имеющие приспособления для предохранения от попадания внутрь машин водяных брызг, падающих под углом 45° к вертикали с любой стороны.

Машины или аппараты закрытые — это такие, у которых внутренняя полость отделена от внешней среды оболочкой, защищающей их внутренние части от проникновения пыли.

Машины или аппараты обдуваемые — это закрытые машины или аппараты, снабженные вентиляционным устройством для обдувания их наружной части.

Машины или аппараты продуваемые — это брызгозащищенные машины или аппараты, в которых имеется возможность охлаждения их внутренних частей посторонним воздухом (или каким-либо иным агентом). В случае отвода охлаждающего воздуха (или иного агента) из помещения продуваемые машины или аппараты являются закрытыми для данного помещения.

Аппараты пыленепроницаемые имеют оболочку,

уплотненную таким образом, что она не допускает проникновения внутрь аппарата тонкой пыли.

Аппараты маслонаполненные — это такие, у которых все нормально искрящие части так погружены в масло, что исключается возможность соприкосновения этих частей с окружающим воздухом, а неискрящие части заключены в закрытую или пыленепроницаемую оболочку.

Машины или аппараты взрывозащищенные имеют одно из исполнений, допущенных к применению во всех взрывоопасных помещениях или некоторых их классах.

Предметы электрооборудования или отдельные части их по своим физическим свойствам, необходимым для обеспечения надежности их эксплуатации, могут быть следующими:

а) огнестойкими, если они не зажигаются и не обугливаются, а также если они, будучи зажжены, не продолжают самостоятельно тлеть;

б) дугостойкими, если они не претерпевают изменений при воздействии электрической дуги, возникающей в нормальных условиях работы;

в) влагостойкими, если они не претерпевают изменений при воздействии влаги;

г) нагревостойкими, если они не претерпевают изменений при воздействии высоких температур;

д) химически стойкими, если они не претерпевают изменений при воздействии химических реагентов.

Применяемое в электроустановках электрооборудование (машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, провода, кабели и пр.), масло для него, а также материалы должны соответствовать требованиям ГОСТ или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

На электрооборудовании должны быть таблички с техническими данными, предусмотренными ГОСТ или техническими условиями.

Соответствующие значения номинального тока, напряжения, коэффициента мощности машин обозначены на их табличках.

Конструкция, вид исполнения, способ установки и класс изоляции применяемого электрооборудования должны соответствовать номинальному напряжению сети или электроустановки, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих глав Правил устройства электроустановок.

## § 2. ПРОВОДА, ШНУРЫ И КАБЕЛИ

Проводник — изделие, предназначенное для передачи электроэнергии независимо от его конструкции (провод, кабель, шина и т. д.).

Провод — голая или изолированная одна или несколько проволок, служащих для передачи и распределения электроэнергии.

Голый незащищенный провод не имеет изолирующих или защитных оболочек.

Изолированный провод имеет токопроводящие жилы, заключенные в изолирующую оболочку (резиновую, винилитовую и т. д.). В наружных проводках при открытой прокладке эти провода в отношении опасности прикосновения к ним приравниваются к голым проводам.

Незащищенным изолированным называют провод, изоляция которого не предохранена от механических воздействий специальными оболочками.

Защищенным изолированным называют провод, заключенный в металлическую или какую-либо иную механическую прочную оболочку.

Жила — одна или несколько скрученных между собой проволок, служащих проводником электрического тока.

Сложным называется провод с изолированными одна от другой несколькими жилами, заключенными в общую оболочку.

Шнур — провод, состоящий из двух и более скрученных изолированных жил, обладающих значительной гибкостью, или же нескольких таких жил, заключенных в общую оболочку (оплетку или шланг).

Кабель — одна или несколько скрученных вместе изолированных жил, заключенных в защитную герметическую металлическую (алюминиевую, свинцовую), резиновую или полихлорвиниловую оболочку.

При больших токах проводка может осуществляться голыми медными, алюминиевыми или стальными шинами, если приняты предохранительные меры против прикосновения к голым токопроводам при напряжении выше 12 *в*.

Сечения проводов, шнуров и кабелей применяются только стандартные: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800; 1000 *мм*². Пределы сечений, с которыми изготовляются провода и кабели различных марок, указаны далее.

Наиболее употребительные марки проводов и кабелей:

ПРТО-2000. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом, для прокладки в стальных трубах. Номинальное напряжение 2000 *в*. Изготовляется одножильным сечением от 1 до 500 *мм*², двух-, трех- и четырехжильным сечением от 1 до 120 *мм*².

АПРТО-2000. То же, но с алюминиевыми жилами.

ПРТО-500. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией в общей оплетке из хлопчато-

бумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом, для прокладки в стальных трубах. Номинальное напряжение 500 *в*. Изготовляется тех же сечений, что и провод марки ПРТО-2000.

АПРТО-500. То же, но с алюминиевыми жилами.

ПР-500. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одножильный, в пропитанной противогнилостным составом оплетке из хлопчатобумажной пряжи. Изготовляется сечением от 1 до 400 *мм²*. Номинальное напряжение 500 *в*.

ПРЛ-500. То же, но покрытый лаком. Применяется для монтажа панелей.

АПР-500. То же, что ПР-500, но с алюминиевыми жилами.

ПГР-500. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, гибкий, одножильный, в пропитанной противогнилостным составом оплетке из хлопчатобумажной пряжи. Номинальное напряжение 500 *в*. Изготовляется сечением от 0,5 до 400 *мм²*.

ПРГЛ-500. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, гибкий, в оплетке, покрытой лаком. Изготовляется сечением от 0,75 до 70 *мм²*. Применяется для монтажа панелей там, где требуется гибкость провода.

ДПРГ. Провод гибкий с резиновой изоляцией, в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом. Номинальное напряжение 380 *в*. Изготовляется двухжильным, сечением от 0,5 до 10 *мм²*. Применяется для зарядки и присоединения непереносных арматур вне зданий и в сырых помещениях.

ППВ. Провод установочный на 380 *в* с медными жилами, с полихлорвиниловой изоля-

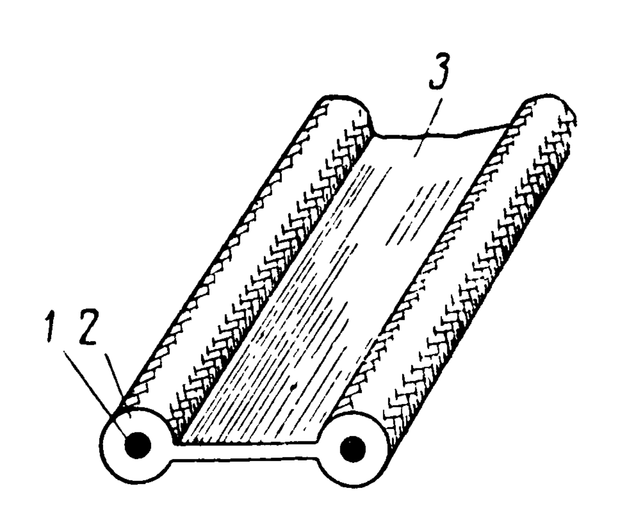



Рис. 1. Провод марки ППВ:
*1* — медная жила, *2* — полихлорвиниловая изоляция, *3* — разъединитель

цией (рис. 1). Номинальное напряжение 250 *в*. Изготовляется двух- и трехжильным, сечением от 0,75 до 2,5 *мм*².

ТПРФ. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, в трубчатой металлической оболочке (рис. 2). Номинальное напряжение 500 *в*. Изготовляется одно-, двух-, трех- и четырехжильным, сечением от 1 до 10 *мм*².

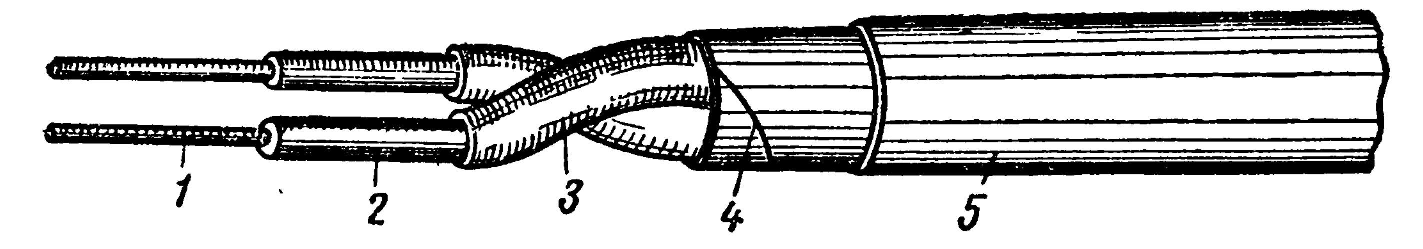



Рис. 2. Провод марки ТПРФ:
*1* — медная жила, *2* — резиновая изоляция, *3* — прорезиненная миткалевая лента, *4* — кабельная бумага, *5* — металлическая оболочка

ПРП. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, панцирный в защитной и экранирующей оплетке из стальной проволоки. Номинальное напряжение 500 *в*. Изготовляется одно-, двух-, трех- и четырехжильным, сечением от 1 до 95 *мм*².

ПРД. Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный (шнуроподобный). Номинальное напряжение 220 *в*. Изготовляется сечением от 0,5 до 6 *мм*².

АР. Арматурный провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, одножильный. Номинальное напряжение 220 *в*. Изготовляется сечением 0,5 и 0,75 *мм*².

АРД. Арматурный провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный. Номинальное напряжение 220 *в*. Изготовляется сечением 0,5 и 0,75 *мм*².

ШР-220. Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный. Номинальное напряжение 220 *в*. Изготовляется сечением от 0,5 до 1,5 *мм*².

ШРП-220. Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный, подвесной. Номинальное напряжение 220 *в*. Изготовляется сечением 0,75 *мм*².

ШРО-220. Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный в общей оплетке. Номинальное напряжение 220 *в*. Изготовляется сечением от 0,5 до 1,5 *мм*².

ШРПЛ. Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, в общем резиновом шланге, двухжильный, переносный легкий. Изготовляется сечением от 0,5 до 1,5 *мм*². Применяется для присоединения подвижных токоприемников напряжением до 220 *в*.

ШРПС. Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, в общем резиновом шланге, переносный средний. Изготовляется двух-, трех- и четырехжильным. Номинальное напряжение 500 *в* переменного тока и 1000 *в* постоянного тока. Изготовляется сечением основных жил от 0,75 до 1,5 *мм*². Применяется для присоединения подвижных токоприемников на строительстве и промышленных предприятиях, где шнур может подвергаться умеренным механическим воздействиям.

КРПТ. Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией, в общем резиновом шланге, переносный тяжелый. Изготовляется одно-, двух-, трех- и четырехжильным, сечением основных жил от 2,5 до 70 *мм*². Номинальное напряжение 500 *в*. Применяется для присоединения подвижных токоприемников там, где кабель может подвергаться значительным механическим воздействиям.

ПВ. Провод одножильный с медной жилой, с винилитовой изоляцией. Номинальное напряжение 500 *в* переменного тока и 1000 *в* постоянного тока. Применяется для открытой прокладки на роликах или изоляторах внутри зданий при температуре окружающей среды не выше +40° и не ниже —40°. Допускается прокладка этого провода в трубах. Изготовляется сечением от 0,75 до 95 *мм*².

ПГВ. Провод одножильный с медной жилой, с винилитовой изоляцией, гибкий. Номинальное напряжение 500 *в* переменного тока и 1000 *в* постоянного тока. Применяется для прокладки в стальных трубах по станинам станков и т. д. Изготовляется сечением от 0,75 до 95 *мм*².

АПВ. То же, что и ПВ, но с алюминиевой жилой. Прокладка провода ограничена.

**СРГ, СРБ, СРП, БГ, СРПГ, СБГ.** Кабель с медными жилами одно-, двух-, трех- и четырехжильный, с резиновой изоляцией, освинцованный, голый (Г), бронированный плоскими стальными лентами (Б) или стальными проволоками (П). Номинальное напряжение 500 *в* переменного тока и 1000 *в* постоянного тока. Буква Г после Б и П указывает, что на броне отсутствует наружная джутовая обмотка. Изготовляются одножильные сечением от 1 до 240 *мм*², двух-, трех- и четырехжильные сечением от 1 до 185 *мм*².

На рис. 3 дана конструкция трехжильного бронированного кабеля СБГ.

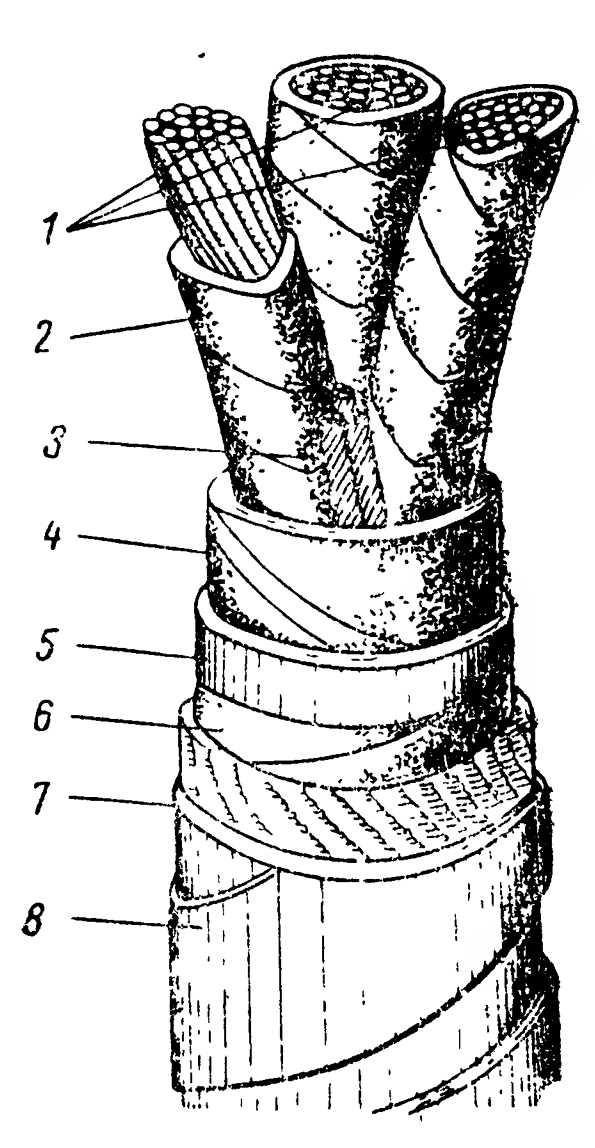



Рис. 3. Кабель марки СБГ:

*1* — медная жила, *2* — кабельная бумага, пропитанная масляно-канифольным составом, *3* — шнуры, заполняющие промежутки между жилами, *4* — общая изоляция токоведущих жил, состоящая из бумаги, пропитанной масляно-канифольным составом, *5* — свинцовая герметическая оболочка, *6* — защитная оболочка из бумажных лент, пропитанных битумом, *7* — обмотка из пряжи, *8* — стальные ленты, защищающие оболочку кабеля от механических повреждений

**ВРГ, ВРБ, ВРБГ.** То же, но в винилитовой оболочке вместо свинцовой (обозначения, аналогичные освинцованным кабелям с резиновой изоляцией). Номинальное напряжение 500 *в* переменного тока или 1000 *в* постоянного тока. Изготовляются трех- и четырехжильные, сечением от 1 до 95 *мм*². Кабели в винилитовой оболочке можно применять при температуре окружающей среды в пределах ±40°. Монтировать эти кабели допускается при температуре не

ниже —15°. Кабели с резиновой изоляцией в свинцовой и в винилитовой оболочке могут изготовляться также на номинальные напряжения 3000 и 6000 *в*.

АГ. Силовой кабель с медными жилами, изолированными пропитанной кабельной бумагой, в алюминиевой оболочке, голый, четырехжильный. Изготовляется сечением от 6 до 95 *мм*². Может прокладываться внутри помещений, в туннелях и каналах при отсутствии механических воздействий на кабель, в среде, нейтральной по отношению к алюминию.

ААГ. То же, но с алюминиевыми жилами.

АБ. Силовой кабель с медными жилами, изолированными пропитанной кабельной бумагой, в алюминиевой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом из кабельной пряжи. Изготовляется четырехжильным, сечением трех основных жил (четвертая нулевая) от 6 до 95 *мм*². Может прокладываться в земле (в траншеях), если не подвергается значительным растягивающим усилиям.

ААБ. То же, но с алюминиевыми жилами.

АБГ. Кабель с медными жилами в алюминиевой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, без наружного покрова кабельной пряжей.

ААБГ, АП, ААП, АПГ, ААПГ. Кабели с алюминиевыми жилами (АА), с медными жилами (А), бронированные плоскими стальными оцинкованными проволоками (П) или двумя стальными лентами (Б), без наружного покрова кабельной пряжей (Г). Изготовляются сечением от 25 до 95 *мм*² (ААБГ сечением от 6 до 95 *мм*²). Все кабели с жилами в алюминиевой оболочке имеют номинальное напряжение 1000, 3000 и 6000 *в*. Кабели четырехжильные до 1000 *в* изготовляются максимальным сечением до 120 *мм*².

КСП, КСПГ, КСК. Контрольные кабели с медными жилами, с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги, в свинцовой оболочке, бронированные плоскими (КСП) или круглыми (КСК) стальными проволоками с наруж-

| | |
|---|---|
| | ным покровом из кабельной бумаги или без него (КСПГ). |
| КСГ. | Кабель контрольный с медными жилами, с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги, в свинцовой оболочке, голый. Номинальное напряжение 500 *в* переменного тока и 1000 *в* постоянного тока. Изготовляется с числом жил до 37, сечением от 1 до 2,5 *мм*² или с числом жил до 10, сечением от 4 до 10 *мм*². Применяется для присоединения к электрическим приборам и аппаратам в цепях управления и контроля. Прокладывается внутри помещений в туннелях, в каналах при отсутствии механических воздействий на кабель, в среде, нейтральной к свинцу. |
| КСА. | То же, в свинцовой оболочке, асфальтированный. |
| КСБ, КСБГ. | То же, в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным покровом из кабельной пряжи или без покрова (КСБГ). Прокладывается в земле и траншеях при возможности механических воздействий на кабель, если он не подвергается значительным растягивающим усилиям. КСБГ применяется для прокладки в туннелях, в каналах, внутри помещений по стенам. |

## § 3. НАРАЩИВАНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ ПРОВОДОВ

В процессе монтажа проводок приходится производить соединения проводов с разных бухт (наращивание), а также присоединять ответвления к проводам основной линии. Места соединений и ответвлений должны быть разгружены от механических усилий и изолированы так же надежно, как и сами провода.

Однопроволочные медные провода сечением до 10 *мм*² и многопроволочные сечением до 2,5 *мм*² могут присоединяться к контактам приборов и аппаратов без наконечников; при этом концы многопроволочных проводов следует сваривать или пропаивать, а однопроволочные алюминиевые провода перед вводом под контакт зачищать до металлического блеска и смазывать вазелином для защиты от окисления. Медные провода больших сечений и все алюминиевые многопроволочные жилы должны иметь специальные наконечники. Процесс присоединения к проводам наконечников называется оконцеванием проводов.

Процесс наращивания и оконцевания проводов может быть произведен тремя способами: пайкой, сваркой и опрессованием.

При пайке нельзя применять флюсы и составы, действующие разрушающе на провода и их изоляцию. Поэтому пайку медных проводов производят с помощью канифоли, применяемой в виде порошка или раствора в спирте или бензине. Для пайки проводов мелких сечений применяют паяльники, а крупных сечений — паяльную лампу.

При наращивании и оконцевании проводов в зависимости от местных условий применяется как электросварка (дуговая или контактная), так и газовая.

Метод опрессования основан на обжатии жилы, вводимой в трубчатую часть наконечника при оконцевании или в соединительную гильзу при наращивании. Опрессование может быть произведено по способу местного вдавливания или сплошного обжатия.

При наращивании и оконцевании проводов с алюминиевыми жилами появляются дополнительные трудности вследствие особых свойств алюминия. Они заключаются в том, что алюминий быстро соединяется с кислородом воздуха. При этом образуется тугоплавкая и малопроводящая пленка, которую необходимо удалять при всех соединениях. Алюминий обладает большой теплотой плавления и теплоемкостью, требующими значительного количества тепла при пайке и сварке, а его высокая теплопроводность создает опасность чрезмерного перегрева изоляции провода. Для защиты изоляции от перегрева при пайке и сварке применяют специальные охладители, состоящие из массивных металлических губок. Алюминий с медью образует гальванический элемент, и поэтому нельзя допускать в соединениях непосредственного касания этих металлов. Чтобы избежать разрушения соединения, поверхность меди облуживают оловянно-свинцовым припоем ПОС-60.

Рис. 4, *а* поясняет способ наращивания однопроволочных проводов путем скрутки и пропайки. На рис. 4, *б* показано соединение жил многопроволочных проводов. Сначала концы жил оплавляют в общий монолитный стержень, а затем сваривают их в стык. На рис. 4, *в* показан процесс оплавления концов жил. Оплавление производят при помощи переносного понижающего трансформатора, один конец вторичной обмотки *6* которого при помощи электрододержателя *5* подводится к угольному электроду *4*, а другой конец при помощи кабельного наконечника и винта присоединен к охладителю *1*. Охладитель представляет собой клещи с массивными губками и служит для отвода тепла и предохранения изоляции провода от перегрева. При прохождении тока конец жилы нагревается до плавления и образуется слой расплавленного металла *9*. От растекания он защищен стенками металлической формы *8*, состоящей из двух половин, скрепленных хомутиком *7*. Проводники жилы отделены от стенок

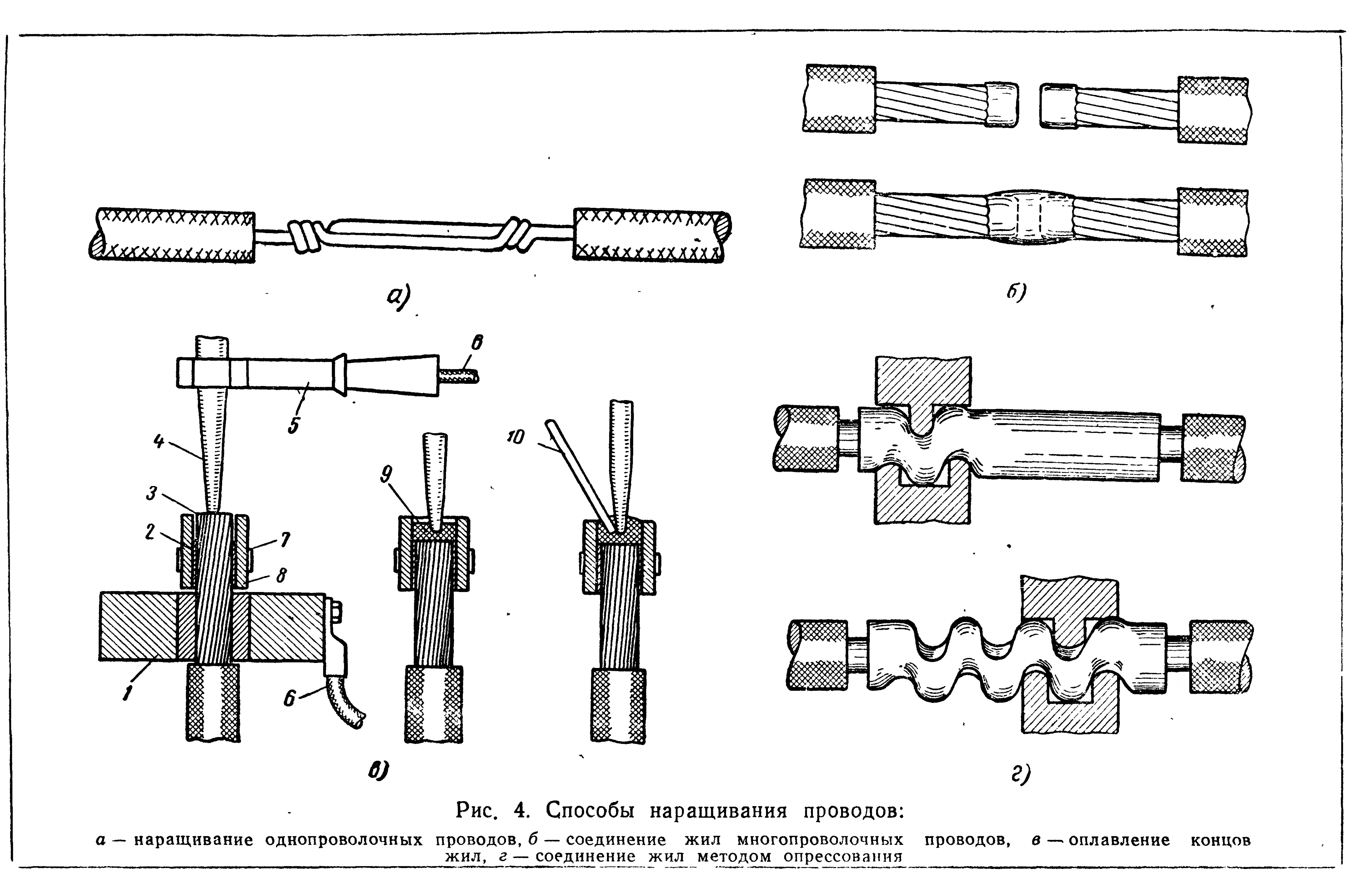



Рис. 4. Способы наращивания проводов:

*а* — наращивание однопроволочных проводов, *б* — соединение жил многопроволочных проводов, *в* — оплавление концов жил, *г* — соединение жил методом опрессования

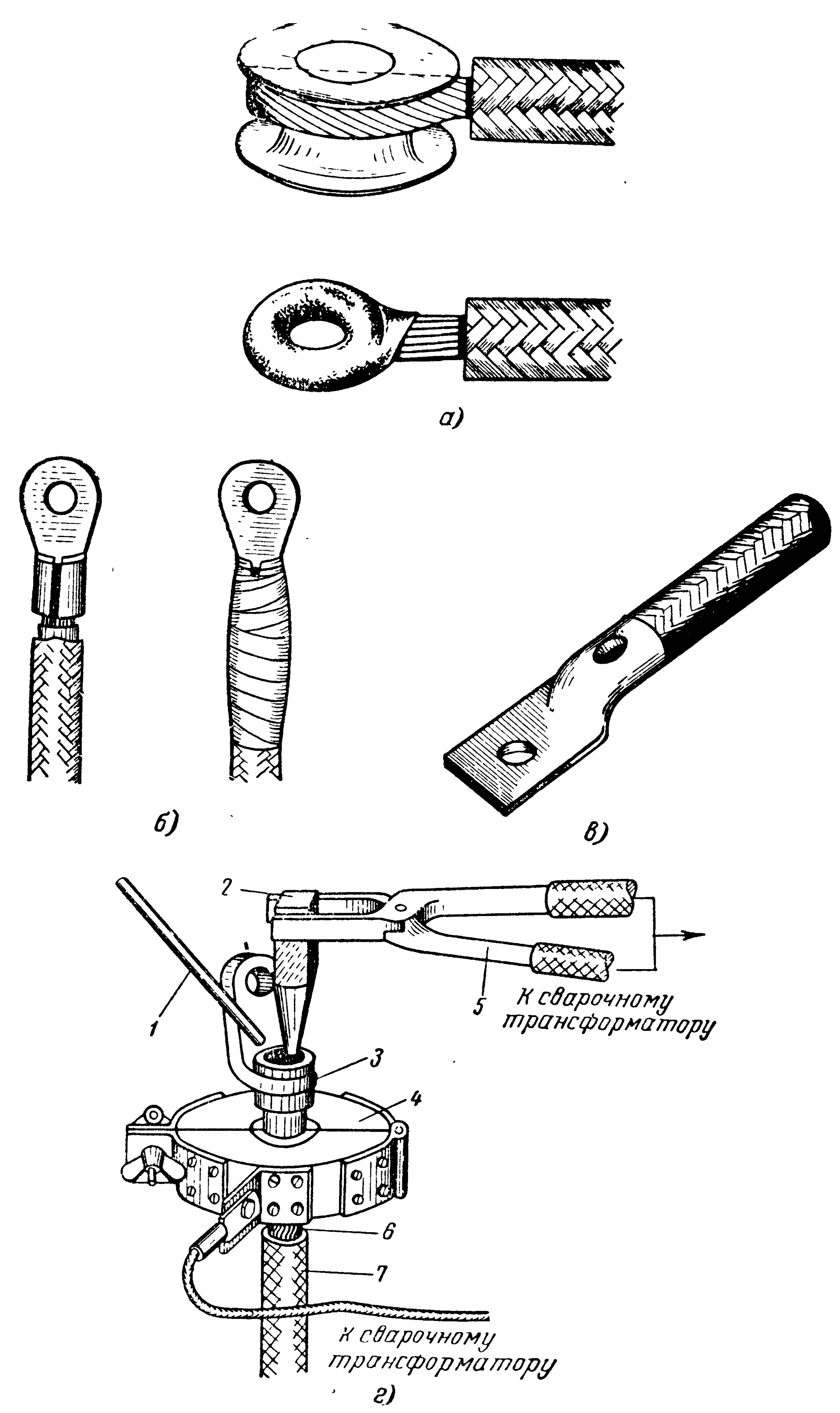



Рис. 5. Способы оконцевания проводов:

*а* — оконцевание с помощью пистона, *б* — напаивание штампованного наконечника, *в* — кабельный наконечник из медной трубки, *г* — приварка кабельного наконечника

формы слоем асбеста *2*. Ввиду того что расплавленный металл протекает в пространство между проводниками жилы, для образования наплыва на торце жилы добавляется металл путем расплавления присадочного прутка *10* из того же металла, из которого состоит жила. Сварка двух жил производится в формочке в виде лунки в горизонтальном положении. На рис. 4, *г* показано соединение жил методом опрессования. Для этого на соединяемые жилы надевают толстостенную гильзу из того же металла, из которого выполнены провода. Затем при помощи специальных клещей соединение подвергают сдавливанию в нескольких точках. При этом пуансон и матрица, закрепленные в губках клещей, производят сильное местное вдавливание и материал гильзы плотно скрепляется с проволоками жилы. На рисунке показаны начало и конец процесса после пяти нажимов клещами. Во время соединения алюминиевых жил необходимо покрывать их специальной цинковазелиновой пастой для предохранения проволок от окисления. При больших сечениях надавливание производят переносным гидравлическим прессом.

Рис. 5, *а* поясняет способ оконцевания многопроволочных жил малых сечений при помощи напрессовки латунного пистона. Сначала провод огибают вокруг шейки пистона, а затем при помощи пресса или клещей пистон развальцовывают. Получается плотное соединение проволок жилы и хороший контакт с зажимами аппарата, к которому проводник присоединяется. На рис. 5, *б* показан штампованный кабельный наконечник, напаянный на зачищенный от изоляции конец жилы. Затем место пайки зачищается от наплывов припоя и изолируется лентами. На рис. 5, *в* показан кабельный наконечник из медной трубки, который соединен с жилой провода методом прессования. Точка местного надавливания видна в верхней части трубки наконечника. На рис. 5, *г* показано, как производится процесс соединения кабельного наконечника с жилой большого сечения при помощи сварки. Цифры на рисунке обозначают: *1* — присадочный пруток; *2* — угольный электрод; *3* — кабельный наконечник; *4* — охладитель для отвода тепла от места сварки; *5* — электрододержатель; *6* — зачищенный конец жилы; *7* — изоляция провода.

## § 4. УСТАНОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СПОСОБЫ ИХ КРЕПЛЕНИЯ

Установочными материалами называются изоляционные и крепежные детали, служащие для закрепления проводки и обхода препятствий. К ним относятся ролики, изоляторы, клицы, дюбели, закрепы, скобы, якори, полуякори, воронки, эбонитовые, стеклянные и изоляционные установочные трубки и др.

Проводка шнуром прокладывается по роликам из фарфора или пластмассы. За последние годы способы крепления роликов

значительно расширились за счет разработки рационализаторами-монтажниками новых конструкций крепежных деталей.

К деревянным конструкциям ролики крепятся при помощи шурупов по дереву. Для крепления роликов на каменных стенах применяются дюбели (рис. 6, *а*) с закладной гайкой. В пробитое в стене углубление вводят гайку *3* и разрезную гильзу *1*, ролик надевают на винт по металлу *2* и конец винта ввинчивают в гайку дюбеля. Гайка разжимает разрезную гильзу и прижимает ее к стенкам отверстия. Такое крепление ролика надежно, но дорого. Значительно проще и дешевле крепление роликов на каменных стенах при помощи закрепа с волокнистым наполнением. Он представляет собой тонкостенную штампованную трубку (рис. 6, *б*), в середину которой запрессован пучок наполнителя из пропитанной противогнилостным составом пеньки. Закреп забивается в пробитое отверстие в стене, а шуруп ввинчивается в торец и удерживается волокнами наполнителя.

На рис. 6, *в* показано крепление шурупа при помощи намотанной на него спирали из проволоки. Эта спираль вставляется в пробитое в стене отверстие и заливается алебастровым раствором. Шуруп с надетым роликом ввинчивается в спираль, как в гайку.

Применение в жилищном строительстве сухой штукатурки в первое время вызывало у электромонтажников большие затруднения ввиду малой толщины листов штукатурки, а главное плохой ее сопротивляемости механическим усилиям. Описанные выше способы крепления роликов при сухой штукатурке неприемлемы. Поэтому рационализаторы монтажного производства разработали ряд новых способов крепления роликов и других установочных изделий, которые не только обеспечивают механическую прочность проводки, но в ряде случаев дают значительное снижение трудоемкости монтажных работ.

На рис. 6, *г* показан способ крепления роликов в листе сухой штукатурки. В продолговатое отверстие, сделанное в листе штукатурки, вводится выштампованный из листовой стали закреп, концы которого захватывают за края листа. Шуруп ввертывают в отверстие с резьбой, находящееся в середине закрепа.

На рис. 6, *д* показан способ крепления роликов без применения шурупов. В отверстие, пробитое в листе штукатурки, вставляется гильза *4*, выштампованная из тонкой листовой стали. Конец гильзы конический и снабжен выдавленными выступами. Затем на гильзу надевают ролик, приставляют к нему приспособление *5* и ударом молотка по шомполу *6* забивают внутрь гильзы пруток *7*. Он распирает изнутри конический конец гильзы, и она прочно зажимается в отверстии.

Наиболее простым является способ крепления роликов приклеиванием перхлорвиниловым клеем (рис. 6, *е*). Для приготовления клея в чистую высушенную бутылку засыпают 20 весовых частей перхлорвиниловой смолы, а потом вливают 80 весовых

3 2

а) б) в) г)

4 5 6 7

д)

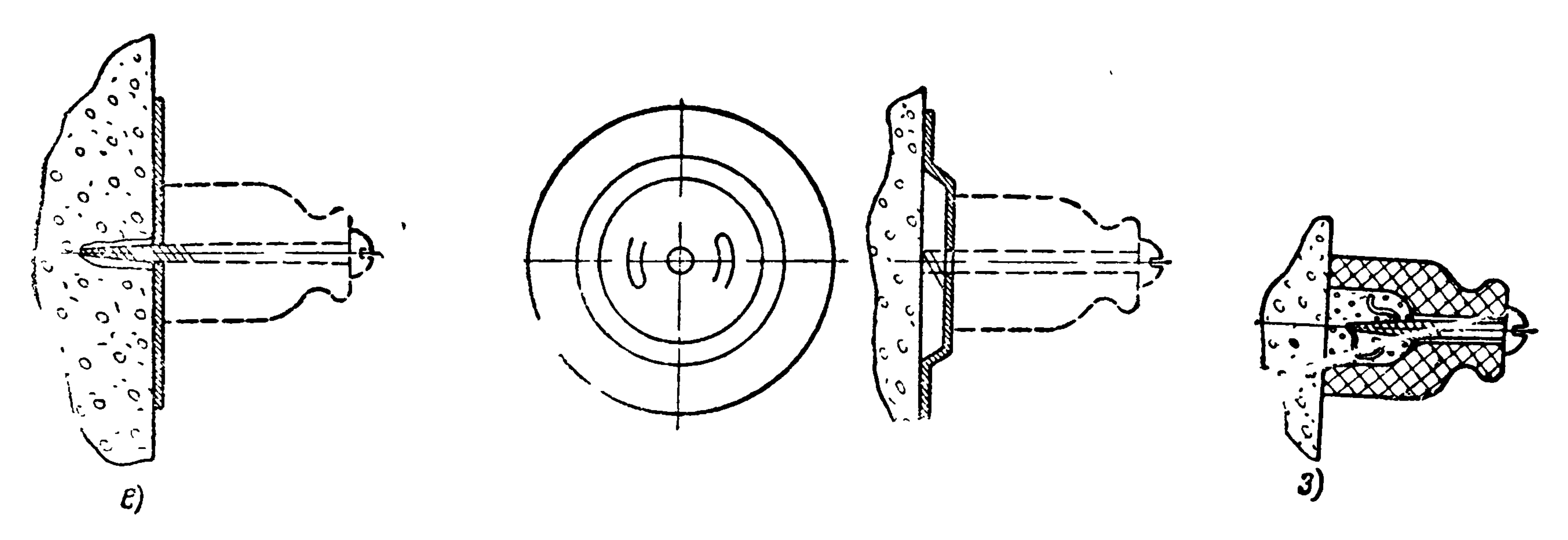



Рис. 6. Способы крепления роликов:

*а* — дюбель, *б* — закреп с волокнистым наполнителем, *в* — крепление шурупа с помощью проволочной спирали, *г* — крепление в сухой штукатурке, *д* — крепление с помощью гильзы, *е* — крепление методом приклеивания, *ж* — приклеивание с помощью клиц, *з* — приклеивание на бетонном основании

частей технического дихлорэтана или растворителя № 4. Содержимое бутылки взбалтывают и выдерживают при комнатной температуре в течение суток. Клей следует приготовлять в хорошо вентилируемом помещении, так как растворители (особенно дихлорэтан) являются летучими ядовитыми веществами. Клей рекомендуется приготовлять в небольшом количестве и держать его в стеклянной посуде с притертой пробкой. Для крепления роликов штампуют круглые шайбы диаметром 40 *мм* из листовой стали толщиной 1 *мм*. В центре шайбы имеется отверстие с одной ниткой резьбы для шурупа диаметром 3 *мм*. После разметки линий проводки очищают шпателем или сухой тряпкой места установки роликов и накалывают в штукатурке шилом отверстия для выступающего конца шурупа. Ввинчивают шуруп в отверстие шайбы на 2—3 оборота и поверхность шайбы, обращенную к стене, смазывают тонким слоем клея с помощью кисти. Затем конец шурупа вставляют в проколотое в штукатурке отверстие, шайбу прижимают к стене в течение минуты и слегка поворачивают. Наклейку шайб следует производить за несколько суток до оклейки стен обоями. После оклейки шурупы вывинчивают, надевают на них ролики и снова ввинчивают в отверстия шайб. Приклеенные к стене шайбы выдерживают нагрузку до 25 *кг*.

Этим же клеем приклеивают к штукатурке установочные изделия (выключатели, штепсельные розетки). Изделия из пластмассы можно приклеивать непосредственно к стене без деревянных розеток. Для лучшего крепления на торцы пластмассы надо наносить второй слой клея после того, как первый слой окончательно высохнет.

В настоящее время многие жилые дома строятся из сборного железобетона. Стены таких сооружений из-за высокой твердости очень трудно поддаются сверлению. Сверла даже с напайкой из твердого сплава выходят из строя после сверления 5—8 отверстий. Пустотные плиты этажных перекрытий имеют тонкие стенки, поэтому при пробивании или сверлении отверстия получаются сквозными и стенки их осыпаются. Поэтому и здесь применен способ приклеивания роликов с помощью металлической клицы. Клица представляет собой выштампованную из листовой стали тарелочку толщиной 1—1,5 *мм* и диаметром 45 *мм* (рис. 6, *ж*). Для лучшего сцепления в клицах выштампованы отогнутые усики. В центре клицы имеется отверстие с одной ниткой резьбы для ввертывания шурупа. Наружную поверхность клицы окрашивают белой масляной краской, а на внутреннюю накладывают раствор для приклеивания. Материалом для приклеивания служит раствор алебастра или специальный раствор, состоящий из следующих частей: жидкое стекло (удельный вес 1,43—1,45) — 220—290 *г*, кремнефтористый натрий — 25 *г*, заполнитель (диабазовая или андезитовая мука, молотый песок или маршалит) — 650 *г*. Этого количества рас-

твора хватает на приклеивание 100 роликов. Перед приклеиванием место установки клицы смачивают водой. Приклеенные клицы через 2—3 дня выдерживают нагрузку свыше 30 *кг*.

Другой способ приклеивания роликов на бетонном основании, разработанный в Челябинском управлении Уралэлектромонтажа, показан на рис. 6, *з*. Здесь ролик с армированной в нем спиралью приклеивают к насеченной поверхности бетона цемент-

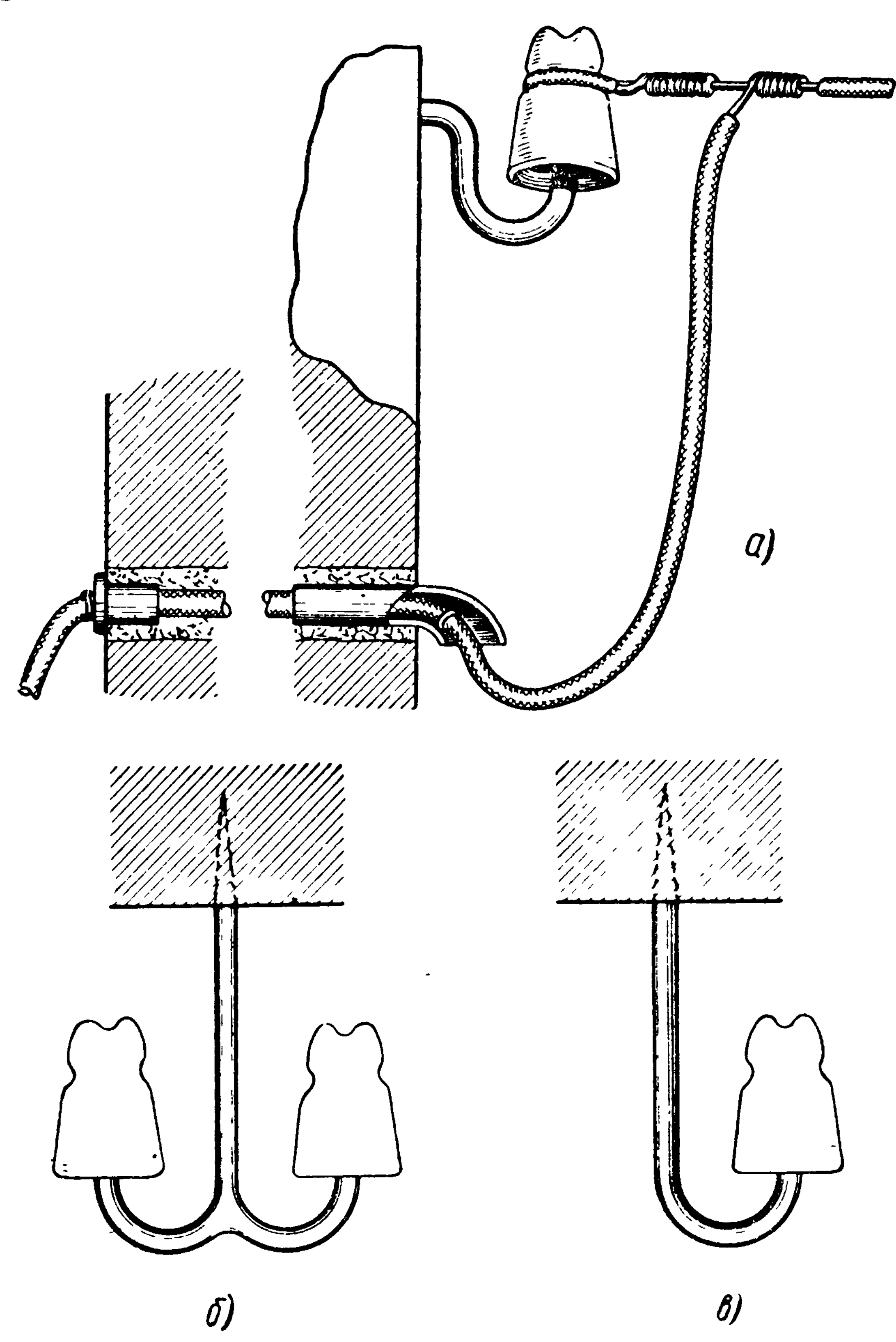



Рис. 7. Крепление изоляторов:
*а* — на крюке, *б* — на якоре, *в* — на полуякоре

ным раствором марки «500» с добавлением 3% хлористого кальция. Место установки ролика смачивают водой.

Способы приклеивания роликов имеют много преимуществ по сравнению с механическими способами крепления: исключается пробивание отверстий, трудоемкость работы снижается в 1,5—2 раза, обеспечивается относительная независимость монтажных работ от строительных.

Фарфоровые изоляторы не имеют сквозного отверстия, и поэтому их крепление отличается от крепления роликов. Нормаль-

ным положением изолятора является такое, при котором головка его обращена вверх. Установка изоляторов на металлических конструкциях, на стенах и потолках производится на различных установочных деталях. Для крепления изоляторов на стенах применяются крюки (рис. 7, *а*), а для крепления к потолку служат якори (рис. 7, *б*) и полуякори (рис. 7, *в*). Крюки, якори и полуякори ввинчивают в деревянные части сооружений при помощи резьбы на хвостовиках. Для крепления на кирпичных и бетонных частях зданий хвостовики имеют на конце утолщение, которым вставляются в пробитое в стене отверстие, и заливаются цементным или алебастровым раствором.

При проходе через стены на изолированные провода и шнуры надеваются резиновые полутвердые эбонитовые или другие неразрезанные трубки. На концы трубок надевают фарфоровые втулки; при вводах в сырых помещениях вместо втулок применяют воронки.

## § 5. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

В связи с механизацией электромонтажных работ значительно расширился сортамент инструментов, которыми пользуются электрослесари-монтажники. При проводке силовых и осветительных линий используют следующие переносные инструменты и приспособления:

1) нож монтерский для зачистки изоляции и резки изоляционных материалов;

2) пассатижи для захватывания и обжатия изоляционных трубок и проводов;

3) кусачки-бокорезы для резки проводов;

4) плоскогубцы универсальные с изолирующими ручками для различных монтажных работ;

5) круглогубцы монтажные для свертывания колечек на проводах;

6) ножовка для резки проводов, кабелей и шин больших сечений;

7) отвертки (набор) с изолирующими ручками для завинчивания винтов;

8) линейка металлическая мерительная;

9) лампа контрольная для проверки схем;

10) набор напильников для зачистки контактных и паяных поверхностей;

11) паяльники электрические для лужения и паяния;

12) лампа паяльная для пайки проводок больших сечений;

13) переносный трансформатор для сварки и оконцевания проводов;

14) приспособления для сварки (защитные очки, электрододержатели, охладители, защитные диски и т. д.);

15) шлямбур и молоток для пробивки отверстий в каменных стенах;

16) электрические сверлилки с набором сверл;

17) набор ключей для завертывания болтов и гаек;

18) приспособления для разметки проводки;

19) пояс, когти и лестница для работы на высоте;

20) блоки с набором захватов для натяжения проводов;

21) роликовое приспособление для правки проводов;

22) ручные клещи для соединения проводов опрессованием;

23) переносный гидравлический пресс для соединения проводов опрессованием;

24) вертушка для разматывания бухты провода;

25) пневматический отбойный молоток;

26) электрический отбойный молоток;

27) клещи для гибки изоляционных трубок;

28) указатели напряжения.

По требованиям техники безопасности ручки электромонтерского инструмента должны иметь изоляционные покрытия. В процессе эксплуатации часто приходится возобновлять изношенные покрытия непосредственно в электромонтажных цехах. Ручки приходится покрывать изоляцией и в тех случаях, когда при электромонтажных работах применяют пассатижи, кусачки, плоскогубцы, изготовленные инструментальными заводами для общего применения.

В Московском горэнерго разработан способ нанесения изоляции на ручки электромонтерского инструмента путем погружения их в полихлорвиниловую эмаль ПХВ-15 или ПХВ-10 (по ТУ МХП 1383—46) при температуре 15—20° *.

Процесс изолирования ручек необходимо проводить в такой последовательности:

1) обезжирить поверхность ручек, обтерев их тампоном, смоченным авиационным бензином;

2) навернуть на ручки пояски из кабельной бумаги шириной 10 *мм* и высотой 7—8 *мм*, служащие упором для руки;

3) погрузить ручки в сосуд с эмалью (в среднем 15 раз) и сушить на воздухе при температуре 15—20° после каждого погружения. По окончании погружений слой эмали должен быть толщиной около 1 *мм;*

4) окончательную сушку эмали производить в течение 48 час. при температуре 30—40° и протирать поверхность эмали тальком;

5) испытать на пробивание слоя эмали напряжением 10 *кв* и сдать в эксплуатацию.

Кроме переносных инструментов, при производстве монтажных работ применяется большое количество стационарных стан-

* Журн. «Энергетик» № 2, 1958.

ков и приспособлений, находящихся в электромонтажном цехе и описанных в § 12.

Инструменты, применяемые при монтаже силового электрооборудования, описаны в главе XIII.

## § 6. ВИДЫ ПРОВОДОК И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Проводка внутренняя — совокупность прокладываемых внутри здания проводов, шнуров или кабелей со всеми относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями. Внутренняя проводка выполняется как незащищенными, так и защищенными изолированными проводами. Она может быть открытой (прокладка по наружной поверхности стен и потолков, по фермам и т. д.) и скрытой (прокладка под штукатуркой, в полу и т. д.).

Проводка наружная — голые, защищенные или изолированные провода (или кабели) со всеми относящимися к этим проводам (или кабелям) креплениями и поддерживающими конструкциями, проложенные открыто, но вне улиц, дорог и т. д. (например в садах, дворах), на столбах или других опорах, находящихся на расстоянии не более 25 *м* друг от друга, а также провода и кабели, проложенные по наружным стенам.

Перекидка — пересечение наружной проводкой прохода или проезда между зданиями при длине пролета не более 25 *м*. При большем пролете перекидка рассматривается как воздушная линия.

Ввод в здание — воздушная или кабельная линия или ответвление от нее, предназначенные для присоединения к ним внутренней или наружной проводки, со всеми относящимися к этой линии аппаратами, приборами и конструкциями.

Выбор вида проводки и марки провода или кабеля определяется характером помещения.

В сухом отапливаемом помещении применяются следующие проводки:

1) открытая на роликах или клицах проводами ПРД, АПР, ПР-500, ПВ;

2) открытая в изоляционных бумажных трубках проводами АПР, ПР-500, ПВ;

3) открытая и скрытая проводка в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-300, ПРГ-3000;

4) скрытая в резиновых или полихлорвиниловых трубках проводами АПР, ПР-500, ПВ, ППВ (без изоляционных трубок);

5) открытая с закреплением скобками проводами ТПРФ, ПРП, ПРШП, ППВ.

В сухом неотапливаемом и влажном помещениях применяются проводки:

1) открытая на роликах или клицах проводами АПР, ПР-500, ПВ;

2) открытая на изоляторах проводами АПР, ПР-500, ПВ;

3) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000;

4) открытая с закреплением скобами проводом ПРШП.

В сыром и особо сыром помещениях приняты проводки:

1) открытая на изоляторах проводами АПР, ПР-500, АПВ, ПВ, а также голыми медными или алюминиевыми проводами на высоте не менее 3,5 *м*;

2) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-300, ПРГ-3000;

3) открытая с закреплением скобами проводом ПРШП.

В жарком помещении применяются проводки:

1) открытая на изоляторах проводами АПР, ПР-500, ПВ;

2) открытая и скрытая проводка в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000;

3) открытая с закреплением скобами проводами ТПРФ, ПРП, ПРШП.

В пыльном помещении, в котором пыль пожаро- и взрывоопасна, применяются проводки:

1) открытая проводка на изоляторах проводами АПР, ПР-500, ПВ;

2) открытая в изоляционных бумажных трубках проводами АПР, ПР-500, ПВ;

3) открытая и скрытая проводка в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000;

4) скрытая в резиновых и полихлорвиниловых трубках проводами АПР, ПР-500, ПВ;

5) открытая с закреплением скобами проводами ТПРФ, ПРП, ПРШП.

В пожароопасном помещении при напряжении до 250 *в* по отношению к земле применяют проводки:

1) на тросах по фермам проводами АПР, ПР-500, ПВ;

2) на изоляторах непосредственно по фермам (недеревянным, неоштукатуренным) проводами АПР, ПР-500, ПВ;

3) открытая в изоляционных бумажных трубках проводами АПР, ПР-500, ПВ;

4) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000;

5) открытая с закреплением скобами проводами и кабелями ТПРФ, ПРП, ПРШП, СРГ, ВРГ, СРБГ, ВРБГ (две последние марки кабелей при опасности механических повреждений проводки).

В пожароопасном помещении при напряжении более 250 *в* по отношению к земле применяются проводки:

1) открытая в изоляционных бумажных трубках проводами АПР, ПР-500, ПВ;

2) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000;

3) открытая с закреплением скобами проводами и кабелями ТПРФ, ПРП, ПРШП, СРГ, ВРГ, СРБГ, ВРБГ (две последние марки кабелей при опасности механических повреждений проводки).

Во взрывоопасном помещении классов В-I и В-Iа могут применять проводки:

1) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПРТО-500, ПВ, ПГВ;

2) открытая с закреплением скобами кабелями СРБГ, ВРБГ.

Во взрывоопасном помещении классов В-II, В-IIа, В-Iб применяются проводки:

1) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПРТО-500, ПВ, ПГВ, АПРТО-500;

2) открытая с закреплением скобами кабелями СРБГ, ВРБГ.

В чердачном помещении применяют проводки:

1) открытая на роликах или клицах проводами ПР-500, ПВ;

2) открытая на изоляторах проводами ПР-500, ПВ;

3) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000.

Вне зданий применяются проводки:

1) открытая на изоляторах проводами АПР, ПР-500;

2) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, АПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000;

3) открытая с закреплением скобами проводом ПШП.

На вибрирующих и трясущихся электроустановках (кранах, вагонах, молотах и т. п.) применяются проводки:

1) открытая и скрытая в стальных трубах проводами ПВ, ПГВ, ПРТО-500, ПР-3000, ПРГ-3000;

2) открытая проводка с закреплением скобами проводами ПРП, ПШП.

При отсутствии проводов ПРТО и АПРТО допускается прокладка (за исключением сырых и особо сырых помещений и наружных установок) проводов ПР и АПР в стальных трубах. Провод АПР можно прокладывать только в тех случаях, когда для данного вида установки не запрещено применение проводов с алюминиевыми жилами.

## § 7. ШНУРОВАЯ ПРОВОДКА, ПРОВОДКА НА РОЛИКАХ И ИЗОЛЯТОРАХ ПРОВОДОМ

Для шнуровой проводки применяют шнур ШР или двухжильный многопроволочный провод ПРД. Шнуровая проводка допускается только в сухих помещениях при напряжении сети до 220 *в*. Прокладка проводки должна быть неподвижной, т. е. шнур необходимо закреплять на изолирующих опорах — роликах.

Шнуры следует закреплять тесьмой на угловых и конечных роликах; на роликах, установленных на обходах балок, проводок и т. д.; на роликах, на которых выполнены ответвления. Предельно допустимые расстояния между элементами проводок, выполненных изолированными проводами по стенам и потолкам, даны в табл. 1.

*Таблица 1*

**Допустимые расстояния между проводами и изолирующими опорами**

| Допустимые расстояния | Расстояния, *мм* при | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | сечении проводов, *мм*² | | | | сечении шнуров, *мм*² | |
| | 1—1,5 | 4—6 | 16—25 | 35—70 | 1—2,5 | 4—6 |
| Наименьшие допустимые расстояния между проводами одной и той же или различных цепей при прокладке: | | | | | | |
| на роликах . . . . . | 35 | 50 | 50 | 70 | 35 | 50 |
| на изоляторах . . . . | 70 | 70 | 100 | 150 | — | — |
| Наибольшие допустимые расстояния между изолирующими опорами при прокладке проводников по потолкам и стенам без выступов: | | | | | | |
| на роликах или клицах . . . . . . . . | 800 | 1000 | 1000 | 1200 | 800 | 1000 |
| на изоляторах, клицах или изолирующих подкладках . . . . . . | 2000 | 2500 | 3000 | 6000 | — | — |

При пересечениях на каждый из проводов или шнуров горизонтальных линий должна быть надета неразрезанная изоляционная резиновая или тому подобная трубка, закрепленная таким образом, чтобы перемещение ее было исключено, или же провода одной из проводок должны быть заделаны в борозду в изоляционных полутвердых резиновых трубках. Обходы шнурами и проводами трубопроводов должны выполняться в открытой борозде. При проходах через стены, перегородки и перекрытия и при обходе препятствий изоляционные трубки следует надевать на каждый провод (рис. 7, *а*).

Для подбора установочных материалов при шнуровой проводке можно пользоваться табл. 2.

Практикой установлена такая последовательность монтажа проводки внутри зданий изолированными проводами:

1) разметка мест установки осветительного или силового электрооборудования — светильников, штепсельных розеток, выклю-

*Таблица 2*

**Выбор установочных материалов при шнуровой проводке**

| Сечение жил провода или шнура, *мм²* | Трубки резиновые полутвердые с внутренним диаметром, *мм* | Втулки фарфоровые типа | Воронки фарфоровые типа | Ролики фарфоровые типа | Винты диаметром 4—4,5 *мм* с полукруглой головкой длиной, *мм* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | по дереву | | по кирпичу или бетону |
| | | | | | неоштукатуренному | оштукатуренному | |
| До 1,5 . . . . | 9 | ВФД-9 | В-16 | РШ-4 | 34—45 | 60—70 | 4×35 |
| 2,5 . . . . | 11 | ВФД-11 | Б-25 | РП-2,5* | 34—45 | 60—70 | 4×35 |
| От 4 до 6 . . | 13 | ВФД-13 | В-35 | РП-6 | 50—60 | 70—85 | 4×50 |

* Рекомендуется применять вместо роликов РШ-4 при бревенчатых неоштукатуренных стенах.

чателей, осветительных щитков, переключателей, силовых шкафов, пусковой аппаратуры;

2) разметка мест прокладки проводов, проходов через стены и перекрытия и мест крепления проводов;

3) пробивка гнезд для крепежных деталей и пробивка проходов;

4) установка изолирующих опор или прокладка труб;

5) прокладка проводов;

6) установка электроприемников и распределительных пунктов;

7) оконцевание проводов и присоединение их к зажимам аппаратов.

Рис. 8 иллюстрирует способ расположения проводки в различных частях помещения.

Для открытой проводки проводом применяют одножильные провода с медными жилами (ПР-500) или алюминиевыми жилами (АПР-500) на напряжение до 500 *в*. Проводку изолированными проводами на роликах применяют в сухих отапливаемых или неотапливаемых помещениях. В сырых и особо сырых помещениях провода прокладывают на изоляторах. Крепление изоляторов на крюках и других крепежных деталях производится следующим образом: пряжа, смоченная в вареном масле с примесью железного сурика, плотно наматывается на стержень крюка по длине, равной длине резьбы изолятора, после чего на него навинчивается изолятор. Натяжка проводов сечением до 6 *мм²* производится вручную, а больших сечений при помощи блоков и полиспастов. Провода привязывают к роликам и изоляторам мягкой стальной оцинкованной проволокой, обмотав их

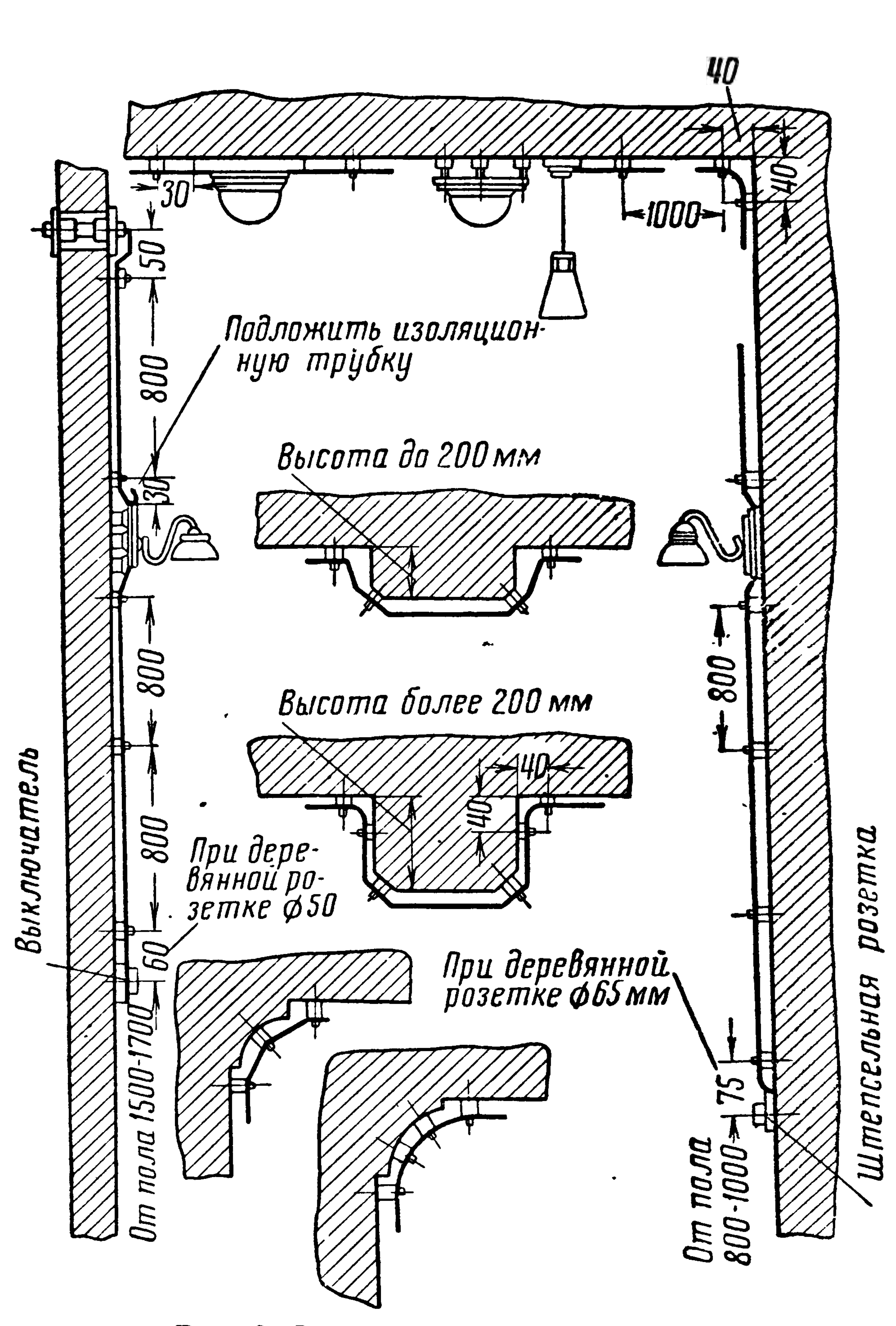



Рис. 8. Элементы шнуровой проводки

в местах привязки изоляционной лентой. Провод может быть положен на шейку или головку изолятора.

При сдаче проводки в эксплуатацию измеряется сопротивление изоляции и выборочно проверяется 1% контактных соединений на качество поверхностей и плотность контакта. Затем производится опробование установки рабочим напряжением.

## § 8. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ТРУБЧАТЫХ ПРОВОДОВ

Проводку трубчатыми проводами применяют в сухих отапливаемых, неотапливаемых и пожароопасных помещениях при отсутствии в окружающей среде паров или газов, разрушающе действующих на металлическую оболочку, а также в тех случаях, когда проводку требуется защитить от пожароопасной пыли или когда неприменима открытая проводка изолированными проводами.

На рис. 2 показано устройство трубчатого провода марки ТПРФ. Его прокладывают непосредственно по опорным поверхностям и прикрепляют к ним металлическими скобками. Скобки крепят к деревянным основаниям шурупами, а к каменным — винтами в дюбелях. Шов металлической оболочки провода при горизонтальной проводке должен быть обращен вниз, а при вертикальной — к стене. Расстояние между скобками, закрепляющими провод сечением до 4 *мм*², не должно превышать при горизонтальной прокладке 500, а при вертикальной — 700 *мм*. При большем сечении это расстояние не должно превышать 1 *м*.

Соединение проводов ТПРФ производится в специальных соединительных коробках, выштампованных из листового металла или отпрессованных из пластмассы. Жилы соединяют при помощи винтовых зажимов или скручивают и пропаивают, а затем покрывают место пайки изоляционной лентой и слоем черного асфальтового лака.

В патрубки аппаратов, коробок и приборов провода ТПРФ вводят вместе с металлической оболочкой. У многожильных проводов оставляют миткалевую оболочку жил на расстоянии 10—15 *мм* от места снятия металлической оболочки. Бумажная изоляция срезается заподлицо с металлической оболочкой.

## § 9. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ПРОВОДОВ В ИЗОЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОЧНЫХ ТРУБКАХ

Проводку на небольшой высоте, а также на лестничных клетках, в клубах, театрах, больницах заключают в защитные трубы. Для защиты от легких механических повреждений проводки выполняют в изоляционных установочных трубках. Они состоят из металлической оболочки толщиной около 0,3 *мм* с

прокладкой внутри нее бумажной изоляции. Проводка в установочных трубках допускается в нормальных отапливаемых и неотапливаемых помещениях как открыто, так и под штукатуркой.

Для прокладки в установочных трубках применяются провода АПР и ПР-500. Выбор диаметров установочных трубок в зависимости от сечения и количества проводов делают по табл. 3.

*Таблица 3*

**Выбор диаметров установочных трубок**

| Сечение провода, $мм^2$ | Диаметры трубок, *мм* при количестве проводов | | | Сечение провода, $мм^2$ | Диаметры трубок, *мм* при количестве проводов | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | один | два | три или четыре | | один | два | три или четыре |
| 1 | 9 | 13 | 16 | 25 | 16 | 29 | 36 |
| 1,5 | 11 | 16 | 23 | 35 | 23 | 29 | 36 |
| 2,5 | 11 | 16 | 23 | 50 | 23 | 36 | — |
| 4 | 13 | 23 | 23 | 70 | 29 | — | — |
| 6 | 13 | 23 | 23 | 95 | 29 | — | — |
| 10 | 16 | 23 | 29 | 120 | 36 | — | — |
| 16 | 16 | 23 | 29 | | | | |

Трубки, не введенные в коробки или другие соединительные детали, оконцовываются металлической муфтой, в которую вставляется изоляционная втулка.

При монтаже трубки прокладывают параллельно строительным линиям здания. Шов трубки обращают к стене. Трубки прикрепляются к стенам скобками с одной или двумя лапками. На изгибе трубки закрепляют по обе его стороны.

Для изгибания трубок используют специальные клещи. Прокладку трубок делают без проводов. Исключение из этого правила допускается при подводке к счетчикам ввиду резких изгибов проводки.

Ответвление проводов производится в специальных ответвительных коробках. Трубку вводят в коробку без изгиба. На железобетонных стенах и балках в случае тонкого слоя штукатурки коробки не углубляют, а провода для ввода в коробку изгибают.

При скрытой проводке провода прокладывают под штукатуркой стен и потолков в изоляционных полутвердых резиновых трубках.

В последнее время для скрытых проводок широкое распространение получило применение стеклянных трубок. Трубки прокладываются в бороздах стен и временно, до заштукатуривания, закрепляются «приморaживанием» их алебастровым раствором. По междуэтажным перекрытиям трубки прокладываются в теплоизоляционной подсыпке и защищаются от механических по-

вреждений слоем цементного раствора или асфальта. Соединение трубок между собой и с коробками выполняется отрезками полутвердых резиновых (эбонитовых) или полихлорвиниловых трубок.

## § 10. ПРОВОДКА В СТАЛЬНЫХ ТРУБАХ

Проводку в стальных трубах применяют для защиты проводов от возможных интенсивных механических повреждений и защиты изоляции проводов и самих проводов от паров и кислот, выделяемых в помещении. В первом случае трубопровод из стальных труб может быть не герметичным, а во втором случае обязательна его герметичность.

Трубопровод для электрической проводки должен иметь плавные изгибы. Радиус изгиба не менее шестикратного наружного

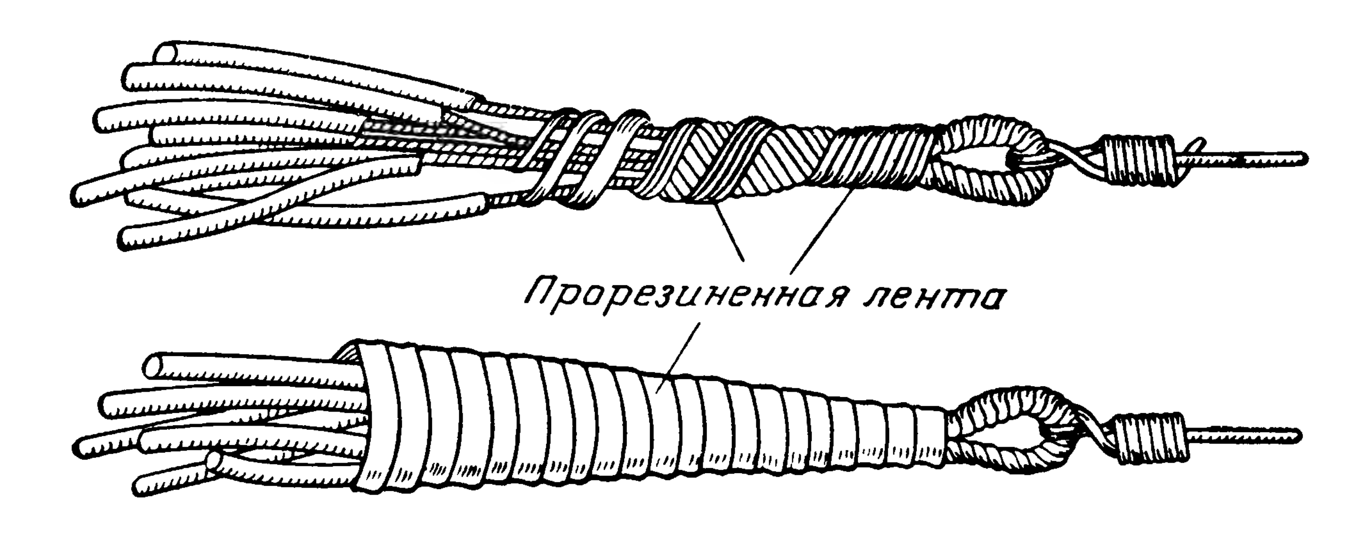



Рис. 9. Затягивание проводов в трубу

диаметра трубы. Трубы изгибают при помощи специальных станков с ручным гидравлическим или электродвигательным приводом. Не рекомендуется изгибать трубы горячими с набивкой песком, так как он приваривается к стенкам труб и портит изоляцию проводников. Перед гибкой внутреннюю поверхность труб очищают от ржавчины, окалины и грязи и окрашивают. Очистка труб производится металлическими щетками. Специальной разверткой удаляют с торцов трубы заусенцы, которые образуются при разрезке труб и нарезке на них резьбы. В герметическом трубопроводе трубы соединяют при помощи муфт с резьбой, а также сварных муфт. Герметичность резьбы достигается при помощи навивки пакли, смазанной тертым суриком. В зависимости от назначения и условий среды соединение труб с коробками может быть осуществлено сваркой, на резьбе или механическим зажатием.

Крепление труб к стенам здания производится при помощи скоб. Для экономии крепежных материалов применяют также приварку труб к металлическим каркасам зданий. При этом необходимо проверить, нет ли в стенках труб отверстий, которые могли образоваться в процессе сварки.

На горизонтальных участках трубы прокладывают с небольшим уклоном, чтобы в них не могла скопляться конденсационная влага.

Провода затягиваются в трубы после прокладки трубопровода. Для этого в трубу вводят специальную гибкую ленту или стальную проволоку. Прикрепив конец провода к ленте или проволоке, втягивают его в трубу (рис. 9). Для проводов большого сечения применяют специальные захваты для соединения провода с проволокой. Чтобы уменьшить трение со стенкой трубы, провод надо натереть тальком.

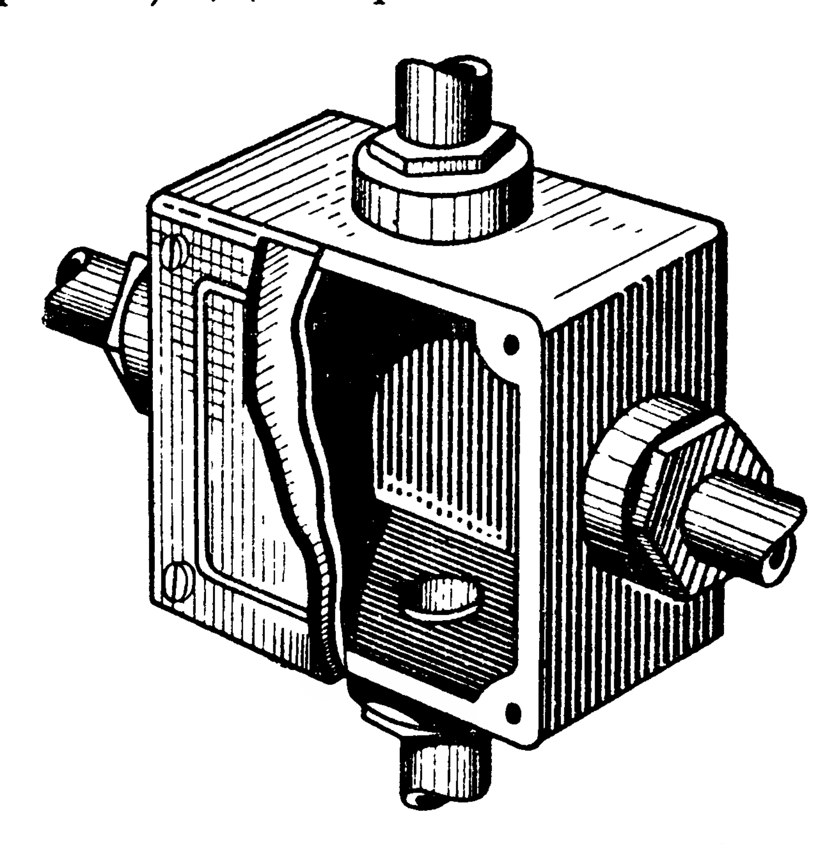


Рис. 10. Соединительная коробка

Соединение и ответвление проводов выполняют в специальных коробках (рис. 10). Места спаек проводов изолируют лентой из лакоткани, натуральной резины или хлорвинила. Соединение проводов непосредственно в стальных трубах не допускается, так как при этом невозможно контролировать нагрев проводов в месте соединения. Концы труб оконцовываются деревянными проваренными в масле втулками с закругленными краями для защиты от повреждения изоляции проводов. Концы труб, не введенные в коробки или кожух аппаратов, заливают изоляционной массой для защиты от проникновения в них сырости, газов и пыли.

Выбор диаметра трубы в зависимости от сечения и числа проводов делают по табл. 4.

Наименьшее допустимое сечение провода АПР-500 — 2,5 *мм*².

Если длина сплошного трубопровода превышает 50 *м* при наличии не более одного изгиба, 40 *м* при наличии двух изгибов и 20 *м* при наличии трех изгибов (углы 90° и более), следует устанавливать промежуточные протяжные коробки и лишь в крайнем случае применять трубы большего диаметра.

При переменном токе в случае прокладки одного провода в трубе плавкая вставка предохранителя, защищающего провод, не должна превышать 25 *а*.

На рис. 11 показано устройство станка с ручным приводом для гибки труб. Он состоит из одного большого и двух малых роликов, из которых один с неподвижной осью вращения, а другой с перемещающейся по окружности осью вращения. Радиус изгиба в зависимости от условий проводки выбирается в пределах от 6 до 10 наружных диаметров трубы.

Ввиду высокой стоимости проводка в трубах применяется

*Таблица 4*

**Выбор диаметров стальных труб**

| Сечение провода, *мм*² | Число одножильных проводов АПР-500, ПР-500, ПРТО-500 в трубе | | | | Один многожильный провод ПРТО-500 в трубе | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | один | два | три | четыре | двухжильный | трехжильный | четырехжильный |
| | диаметры, дюймы | | | | | | |
| 1,5 | ½ | ½ | ½ | ½ | ½ | ½ | ½ |
| 2,5 | ½ | ½ | ¾ | ¾ | ½ | ¾ | ¾ |
| 4 | ½ | ¾ | ¾ | ¾ | ¾ | ¾ | ¾ |
| 6 | ½ | ¾ | ¾ | ¾ | ¾ | ¾ | ¾ |
| 10 | ½ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | ½ | 1 | 1 | 1¼ | 1 | 1¼ | 1¼ |
| 25 | ¾ | 1¼ | 1¼ | 1¼ | 1¼ | 1¼ | 1½ |
| 35 | ¾ | 1¼ | 1¼ | 1½ | 1½ | 1½ | 1½ |
| 50 | 1 | 1½ | 1½ | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 70 | 1 | 2 | 2 | 2½ | 2 | 2 | 2½ |
| 95 | 1¼ | 2 | 2½ | 2½ | 2½ | 2½ | 2½ |
| 120 | 1¼ | 2½ | 2½ | 3 | 2½ | 2½ | 3 |

только при необходимости особой герметичности проводки или когда проводку надо защитить от интенсивных механических воздействий. В целях экономии труб надо по возможности заме-

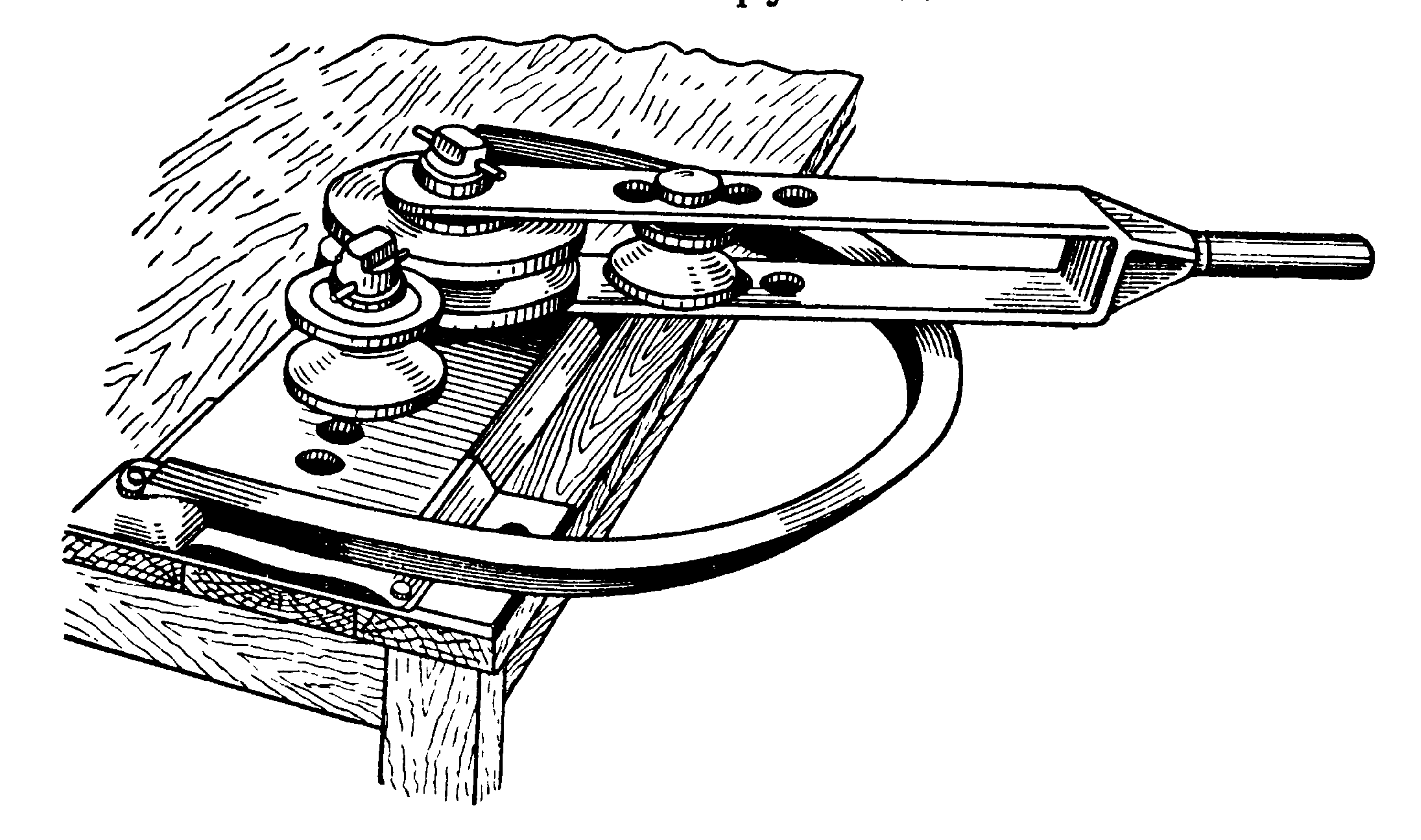


Рис. 11. Станок для гибки труб

нять стальные трубы металлическими гибкими рукавами, кожухами из листовой стали, угловой сталью, бетонными, гончарными и другими неметаллическими трубами.

## § 11. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА КАБЕЛЕЙ

Проводку кабелем применяют в сырых и особо сырых помещениях, в помещениях с едкими парами и газами, а также там, где линия прокладки имеет большое количество переходов.

Для проводки внутри помещений применяют кабель в винилитовой, свинцовой или алюминиевой герметической оболочке. Металлическая оболочка предохраняется от коррозии защитными покрытиями в виде лаковой пленки или масляной краски в зависимости от характера окислительной среды.

Крепление кабелей на опорных поверхностях производится при помощи скобок, которые привинчивают шурупами к деревянным стенам или укрепляют при помощи дюбелей на каменных стенах. Для предохранения от повреждения герметическая оболочка обертывается в местах крепления картоном или рубероидом.

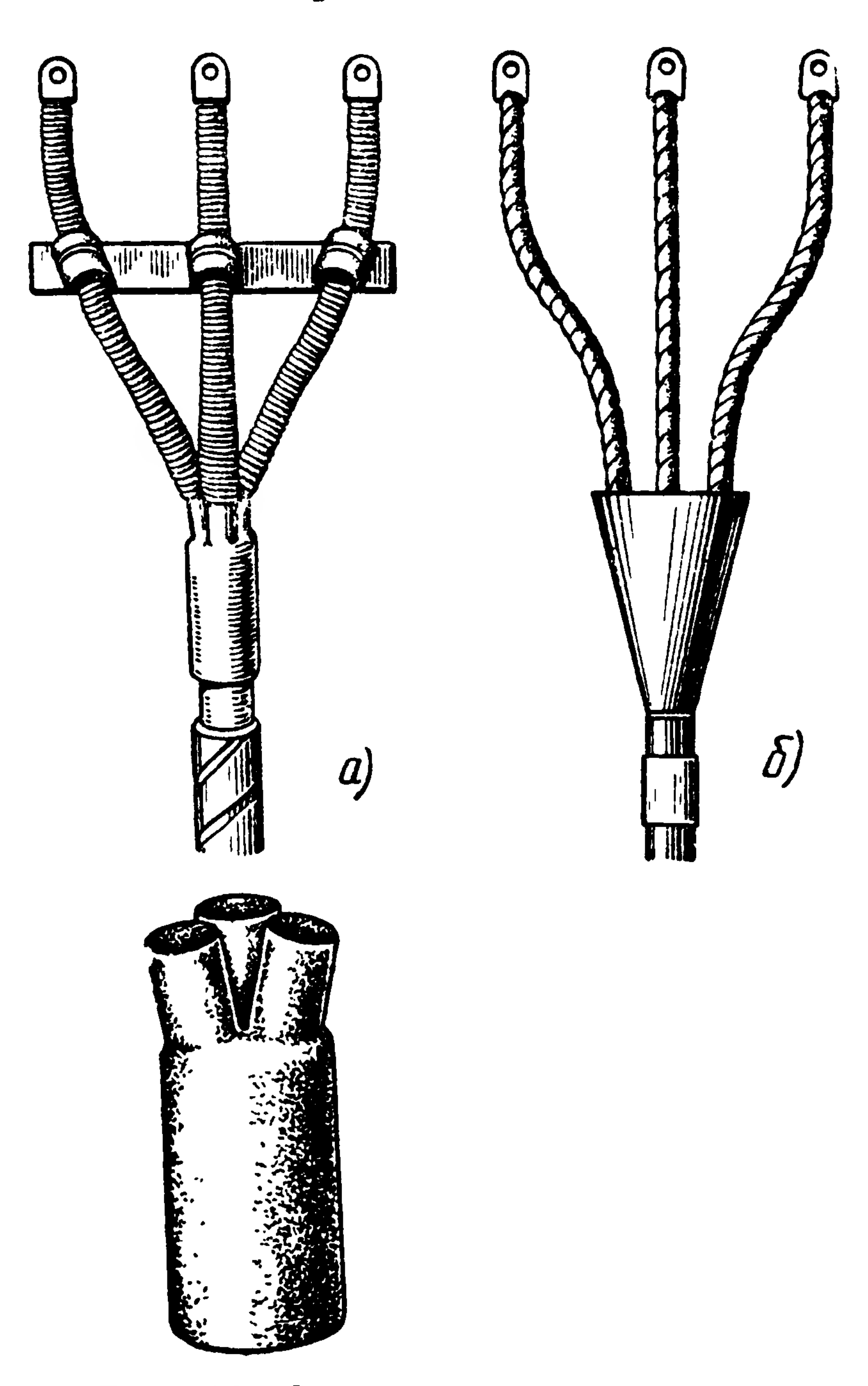



Рис. 12. Сухая заделка кабелей: *а* — с помощью колпачка, *б* — с помощью воронки

В сырых или пыльных помещениях жилы кабелей должны соединяться в герметических коробках, в качестве которых применяют чугунные разъемные муфты, скрепляемые винтами, или свинцовые муфты.

Заделка концов кабелей в муфтах занимает много места и времени. Поэтому рационализаторами - монтажниками разработаны способы так называемой «сухой» заделки кабелей. Она производится несколькими способами. При сухой заделке на конце кабеля срезают изоляцию ступенями, как и при заделке в муфтах, затем каждую жилу кабеля изолируют хлопчатобумажной лентой или лентой лакоткани. Каждый слой ленты покрывают изоляционным лаком. Количество слоев выбирается в зависимости от напряжения линии.

Для герметизации торца кабеля применяют свинцовые колпачки, которые получают путем погружения стальной формы в расплавленный свинец. После снятия с формы срезают неровности на цилиндрической части колпачка, надевают его на кабель так, чтобы каждая жила кабеля прошла через отросток колпачка. Цилиндрическую часть колпачка припаивают к свин-

цовой оболочке кабеля. Жилы кабеля обматывают тафтяной лентой, которая перекрывает на 10—20 *мм* отростки колпачка и кабельные наконечники (рис. 12, *а*). Ленту покрывают лаком, а колпачок заливают масляно-канифольной массой через специальную свинцовую трубочку, которую затем срезают. Можно производить заливку и непосредственно через отростки колпачка до намотки тафтяной ленты. Поверх этой ленты жилы кабеля обматывают шпагатом и покрывают его два-три раза электроэмалью.

При напряжении до 1000 *в* можно обойтись без свинцового колпачка. При этом пользуются специальной полихлорвиниловой лентой, которая покрывается полихлорвиниловой эмалью марки ПХВ. Последняя дает эластичную термостойкую и влагостойкую пленку.

В последнее время начинает получать широкое распространение заделка концов кабеля путем надевания на него временной металлической или картонной воронки, которую заливают эпоксидной смолой, нагретой до 140° и смешанной с веществом, способствующим быстрому затвердеванию смолы (рис. 12, *б*). Этим же составом покрывают жилы кабеля до кабельных наконечников. После затвердевания состава воронка удаляется. Заделка получается герметичной, влаго- и маслостойкой и негорючей.

## § 12. МЕХАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

В целях повышения производительности труда при выполнении электромонтажных работ отдельные операции проводятся параллельно. Так, например, после выполнения разметки приступают к пробивке отверстий, креплению концевых и угловых опор. В то же время производится заготовка шнуровой проводки с использованием специальных стендов.

Новаторами треста «Центроэлектромонтаж» разработан скоростной метод, позволяющий вести монтажные работы параллельно со строительными. Для этого в помещениях размечают трассы проводки и составляют эскизы с указанием точных расстояний между угловыми роликами и теми роликами, от которых пойдут ответвления. По этим эскизам на специальном стенде в мастерской собирают все элементы шнуровой проводки, заряжают ламповые патроны, штепсельные розетки, выключатели, привязывают к шнурам угловые ролики. Затем проводку снимают со стендов, запаковывают и отправляют на место монтажа. Выполнение монтажных операций на стендах повышает качество выполнения и производительность труда.

На рис. 13 показан стенд для заготовки шнуровой проводки. Работа на нем производится в следующем порядке. Зарядив крайнюю часть шнуровой проводки (патрон, штепсельную розетку, выключатель), устанавливают ее в крайней точке стенда.

Затем по указанным на эскизах расстояниям закрепляют на стенде передвижные зажимы с роликами и шнуровую проводку. После этого производят вплетку жил, соединение, зарядку, изолировку, привязку и снятие проводки со стенда. Стенд состоит из нескольких стоек *1*, выполненных из стальных труб. На концах труб укреплены направляющие *2* из угловой стали, по которым могут перемещаться зажимы *3*. Направляющие приварены к кронштейнам *4* и к стойкам. Вдоль направляющих на кронштейнах укреплены отрезки полосовой стали с миллиметровой шкалой. Монтажные детали и инструменты раскладывают на полках *5*.

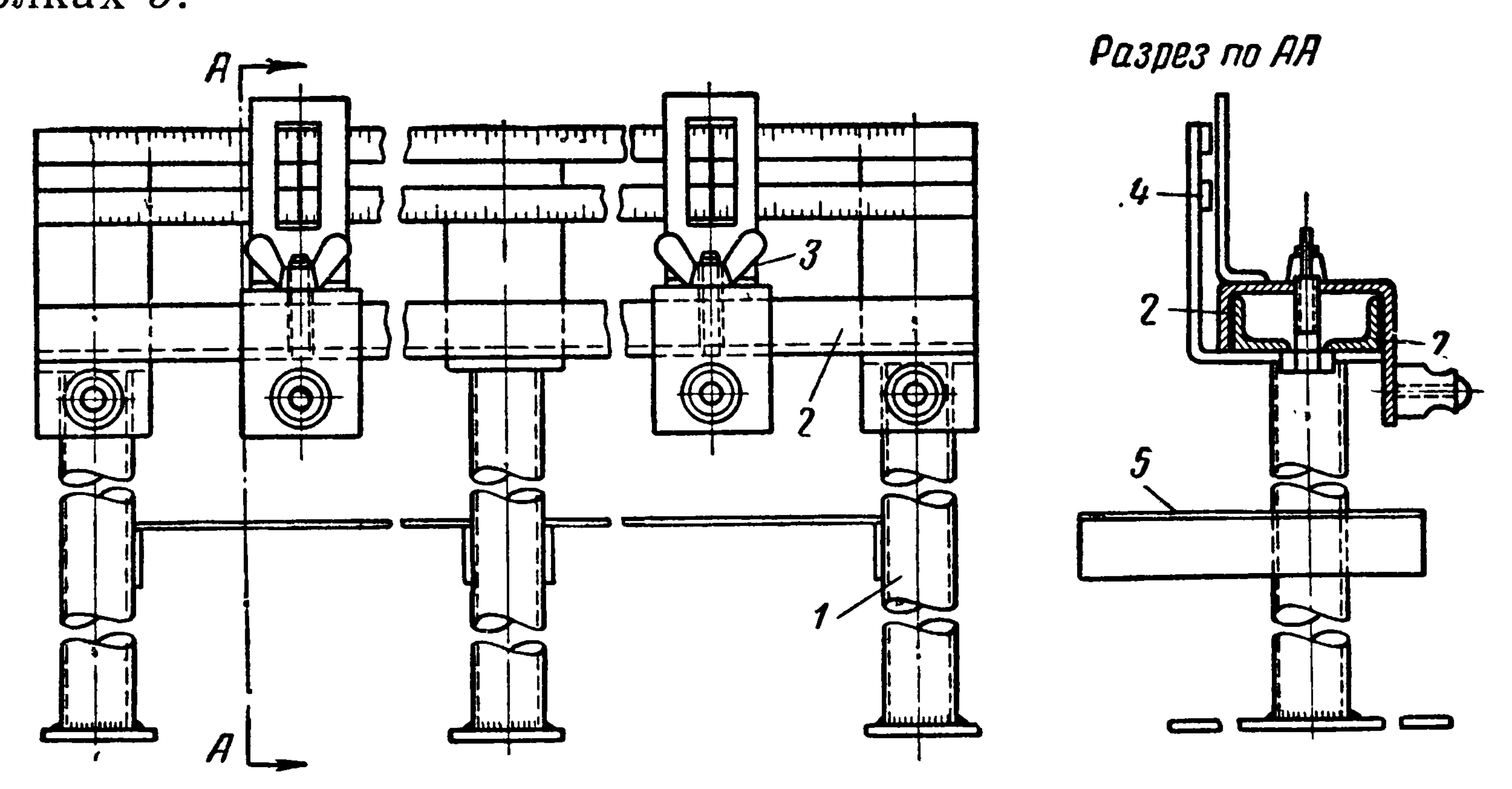



Рис. 13. Стенд для заготовки шнуровой проводки

Значительное улучшение качества монтажных работ, снижение стоимости и повышение производительности труда достигаются за счет применения элементов схемы, изготовленных на заводах или в мастерских и поступающих на место монтажа в готовом виде. В собранном виде сюда же поступают распределительные щиты, силовые и осветительные щитки, шинопроводы и различные крепежные конструкции. На месте монтажа производится лишь установка, крепление и соединение с сетью.

Большое внимание уделяется механизации монтажных работ. Если раньше отверстия в деревянных стенах просверливались буравом, а в кирпичных и бетонных стенах пробивались шлямбуром, то сейчас для этих операций применяются электросверлилки, которые для сверления отверстий в каменных стенах снабжаются сверлами из твердых сплавов. Пробивка отверстий для дюбелей производится пневматическими и электрическими отбойными молотками.

На рис. 14 показано устройство пневматического отбойного молотка. Он включает следующие части: рукоятку *8*, ствол *6*, редуктор *1*, через который подается воздух из сети; клапан для включения молотка *2*, приводимый в действие нажатием пальца

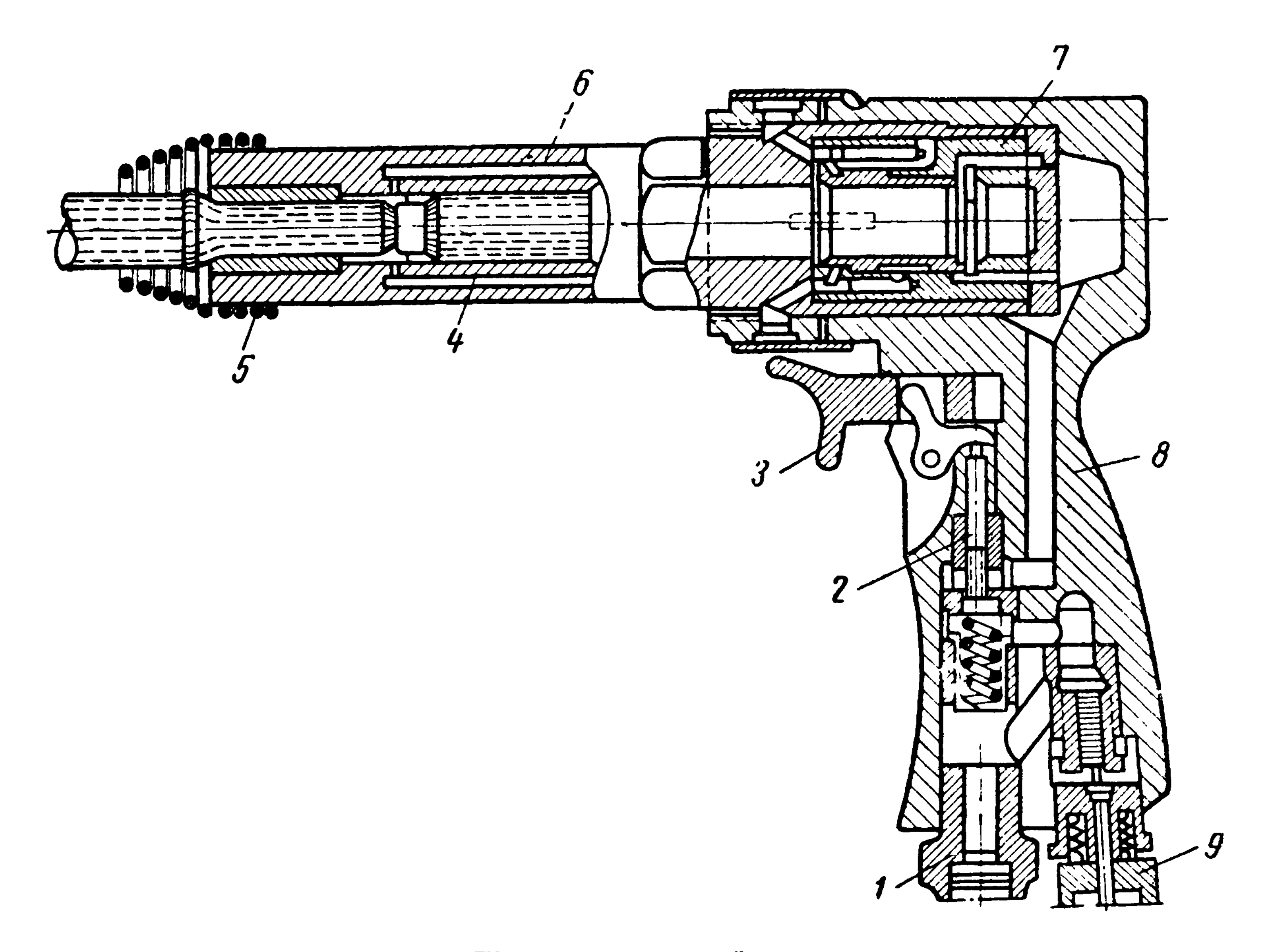



Рис. 14. Пневматический молоток

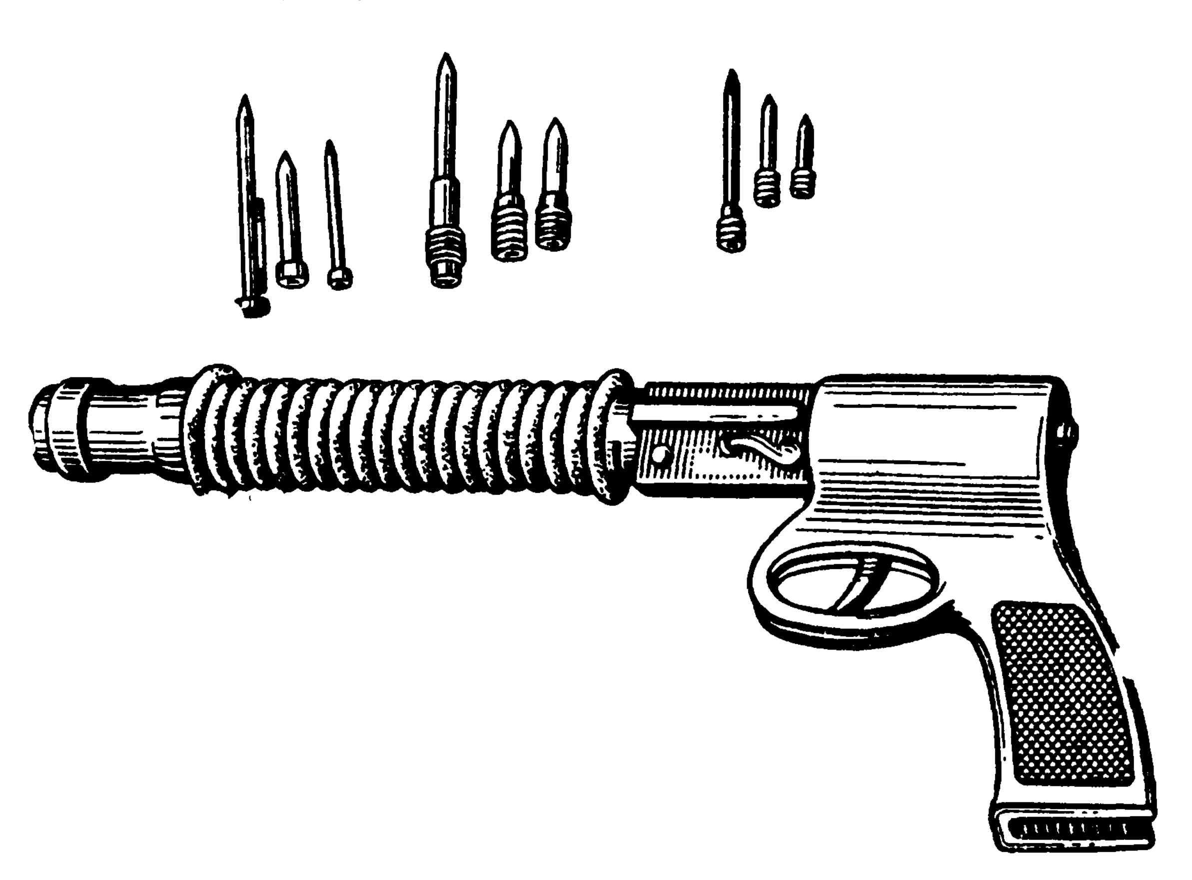


Рис. 15. Монтажный пистолет

на курок *3*, регулятор подачи воздуха *9*, блок клапана *7*, осуществляющий поступательно-возвратное движение поршня *4*; молоток направляется пружинным держателем *5*.

Новым средством механизации монтажных работ является строительно-монтажный пистолет СМП-1 (рис. 15). Он представляет собой короткоствольное огнестрельное оружие. При помощи выстрела из этого пистолета можно вбивать специальные закрепы, показанные на рисунке, как в железобетонные, так и в металлические части сооружения. Такими закрепами посредством пистолета можно также непосредственно прикреплять полосовую, угловую и другие профили стали к кирпичным и железобетонным стенам. В конструкции пистолета предусмотрены специальные блокировки, которые исключают возможность несчастных случаев при пользовании им на строительно-монтажных работах.

## § 13. ГРУППОВЫЕ ЩИТКИ, СИЛОВЫЕ СБОРКИ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЩИТЫ

Одной из составных частей электрической сети являются распределительные устройства.

Групповой щиток — это простейший вид распределительной аппаратуры. Он применяется в осветительных сетях и представляет собой панель, на которой смонтированы предохранители. На рис. 16 показан групповой щиток заводского изготовления на две группы с предохранителем в каждом проводе. Панели щитков изготовляются из шифера, пропитанного асбес-

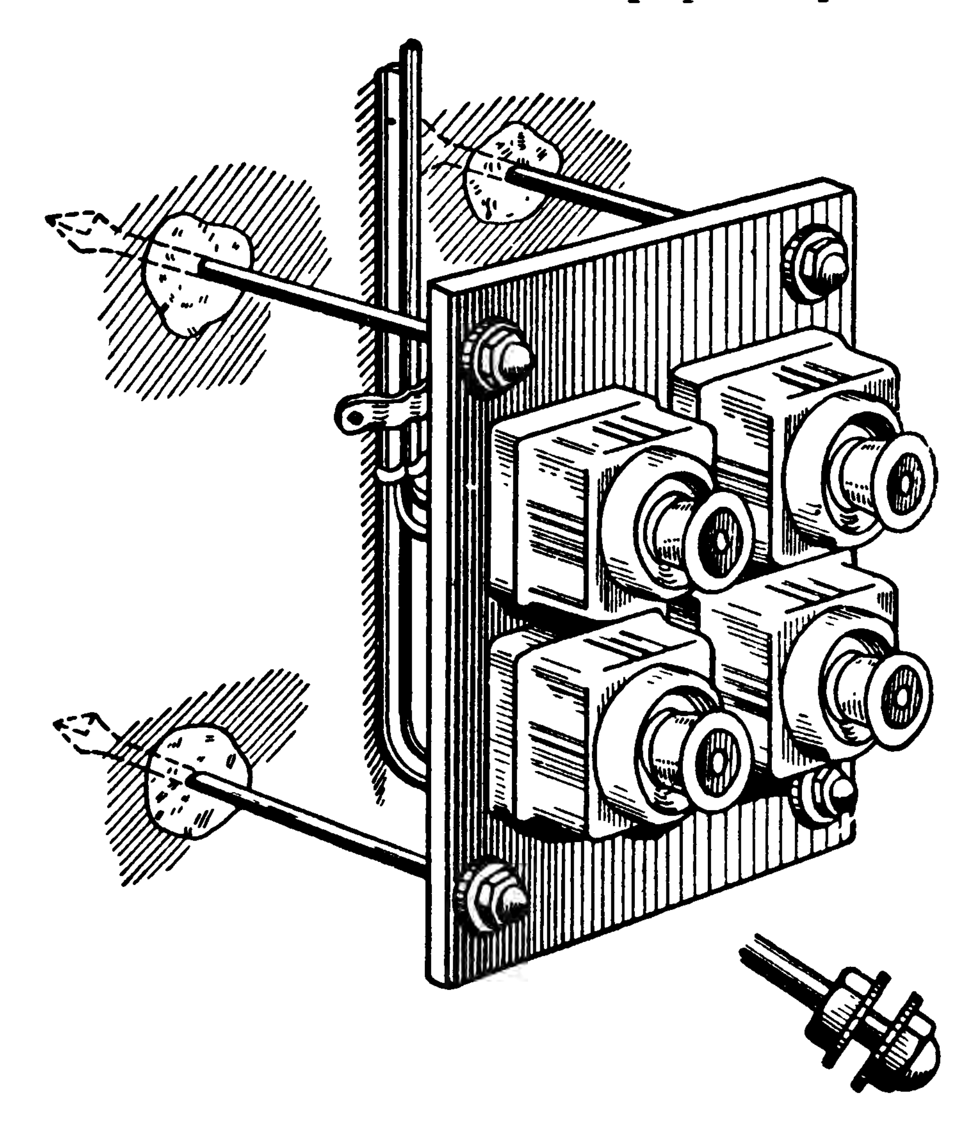


Рис. 16. Групповой щиток

тоцементом, или из листовой стали. Щиток закреплен на каменной стене при помощи четырех шпилек, концы которых вставлены в пробитые отверстия и залиты алебастровым раствором.

Силовые сборки предназначаются для установки предохранителей в проводках, идущих к отдельным электроприемникам. Они помещаются в закрытом ящике из листовой стали. Применяется несколько типов силовых ящиков: ЯР (ящик с рубильником), ЯРП (ящик с рубильником и предохранителями) и ЯК (ящик коммутационный).

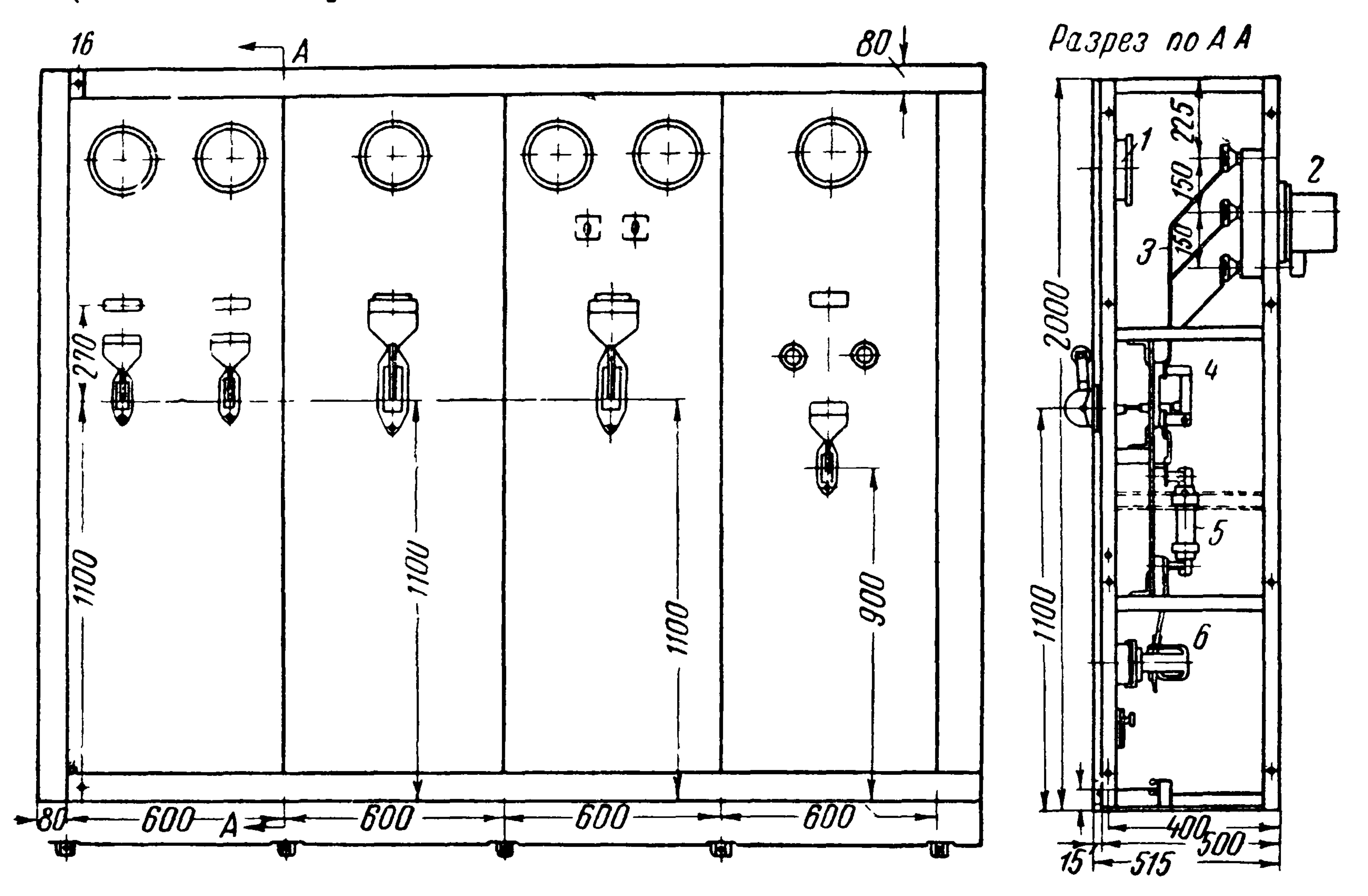



Рис. 17. Распределительный щит

Распределительные щиты в отличие от групповых щитков и силовых ящиков монтируются не на стене, а на полу, так как они имеют большие размеры и вес. Щиты бывают прислонного типа, обслуживание которых возможно лишь с лицевой стороны, и свободностоящие, доступ к которым открыт с двух сторон.

На рис. 17 показан четырехпанельный распределительный щит низкого напряжения. За панелью расположены сборные шины *3*, рубильник с приводом *4*, предохранители *5*, трансформатор тока *6*, счетчик *2* и корпуса измерительных приборов *1*. Справа на рисунке показана схема привода рубильника. При поднятой рукоятке рубильник включен, при опущенной выключен. Рубильники с приводом безопасны в отношении случайного прикосновения к токоведущим частям и ожогов рук электрической дугой.

*Глава II*

# УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРОВ

## § 1. СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформаторы служат для преобразования переменного тока низшего напряжения в высшее (повышающие трансформаторы) или высшего напряжения в низшее (понижающие трансформаторы). Наибольшее распространение находят силовые трансформаторы общего применения для линий передач и распределительных сетей. Силовые трансформаторы в большинстве случаев строятся как трансформаторы трехфазного тока. Трансформаторы мощностью до 10—15 *ква* строятся с воздушным охлаждением (ТС), а трансформаторы большей мощности — с масляным охлаждением (ТМ). Масло повышает электрическую прочность изоляции, ее надежность и долговечность, а также способствует лучшему отводу тепла от активных частей — обмоток и сердечника — к стенкам бака.

На рис. 18 показано устройство силового масляного трансформатора ТМ-320. Передняя стенка бака *8* дана с вырывом, чтобы видно было внутреннее устройство трансформатора. Внутри бака установлен сердечник *9*, на который надеты катушки обмотки низшего напряжения *11* и высшего напряжения *10*. Выводы обмотки высшего напряжения соединены с вводами, проходящими через фарфоровые изоляторы *2*. Выводы обмотки низшего напряжения также соединены с вводами, проходящими через изоляторы *3*. Крышка привинчена болтами к верхней кромке бака и между ними проложена резиновая прокладка, чтобы масло не могло протекать в стык между баком и крышкой.

В стенке бака просверлено два ряда отверстий; в них вварены тонкостенные трубки *7*, через которые протекает масло. На крышке расположена рукоятка *1*. Вращая ее, можно переключать витки обмотки высшего напряжения для регулировки напряжения при нагрузке. К крышке приварены кронштейны, на которых установлен бачок *5*, называемый расширителем. Он имеет указатель *4* со стеклянной трубкой для наблюдения за

уровнем масла и пробку с фильтром *6* для сообщения с окружающим воздухом. Передвигается трансформатор на катках *12*, оси которых проходят через балки, приваренные ко дну бака.

Сердечники трансформаторов собирают из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,35 *мм*. Листы изолируют один от другого путем оклейки тонкой бумагой или покрытием слоем лака. В состав стали входит около 4% кремния,

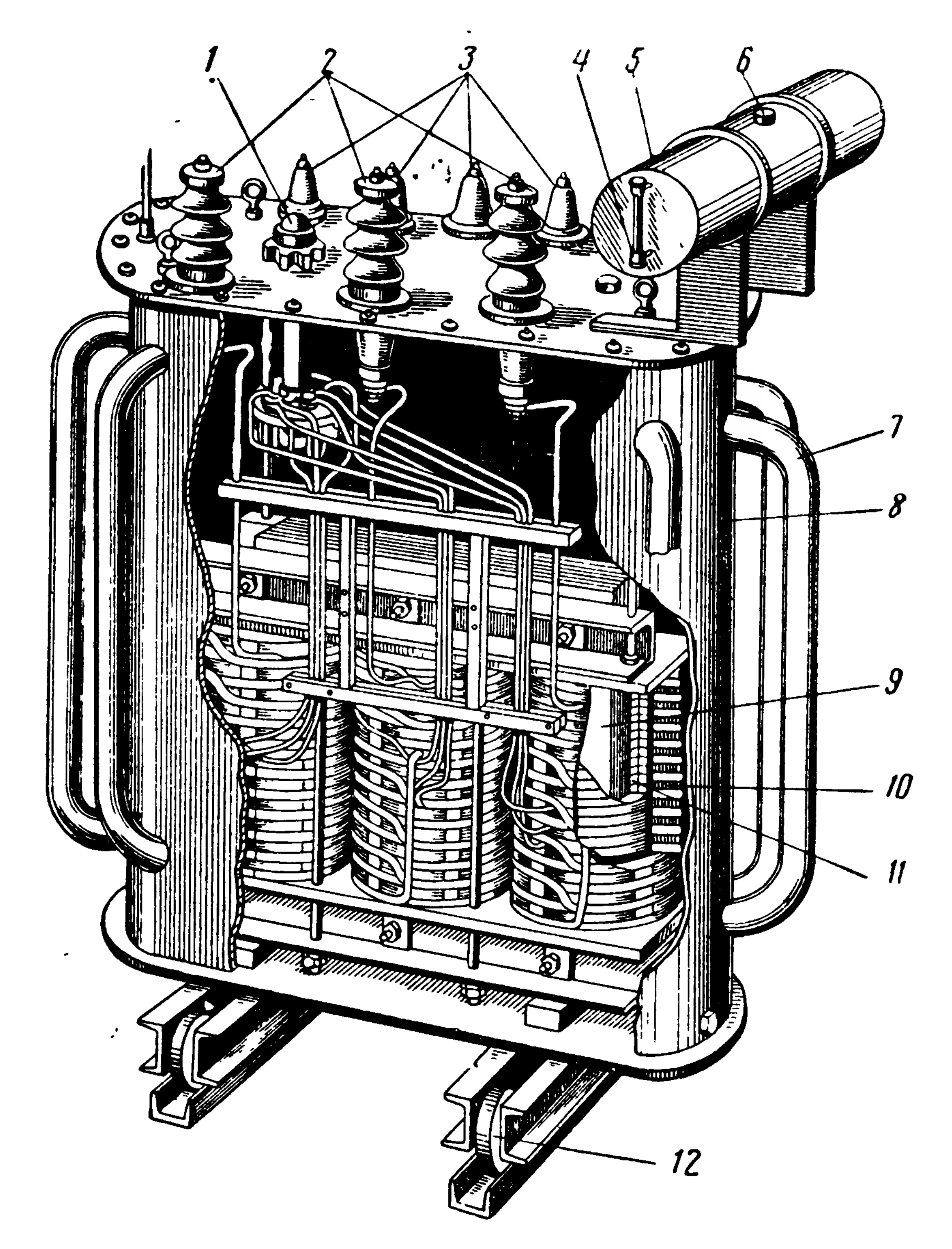



Рис. 18. Силовой трансформатор ТМ-320

что значительно повышает ее электрическое сопротивление. Благодаря этому в сильной степени снижаются потери энергии от вихревых токов.

Сердечник трехфазного трансформатора (рис. 19, *а*) состоит из трех стержней *3*, нижнего ярма *1* и верхнего ярма *2*. В трансформаторах старых типов применялась стыковая конструкция сердечника, при которой ярма приставлялись к торцам стержней. Для лучшего прилегания торцы стержней и боковая поверхность ярма пространгивались. В стыки между стержнями и ярмом прокладывалась тонкая бумага, чтобы предохранить от замыкания листов стержней листами ярма. Стыки обладают повышенным магнитным сопротивлением, вследствие чего увеличивается ток

холостого хода трансформатора. Замыкание листов заусенцами при обработке вызывает увеличенные потери в сердечнике от вихревых токов.

Для устранения этих недостатков в современных трансформаторах применяется шихтованная конструкция сердечников, при которой листы ярма вставляются в промежутки между листами стержней. Верхнее ярмо шихтуется окончательно после надевания обмоток на стержни. На рис. 19, *б* показаны две схемы шихтовки сердечника, которые при сборке чередуются одна с другой. Таким образом, листы, переплетаясь, образуют сердечник, обладающий достаточной прочностью и лишенный недостатков сердечников стыкового типа.

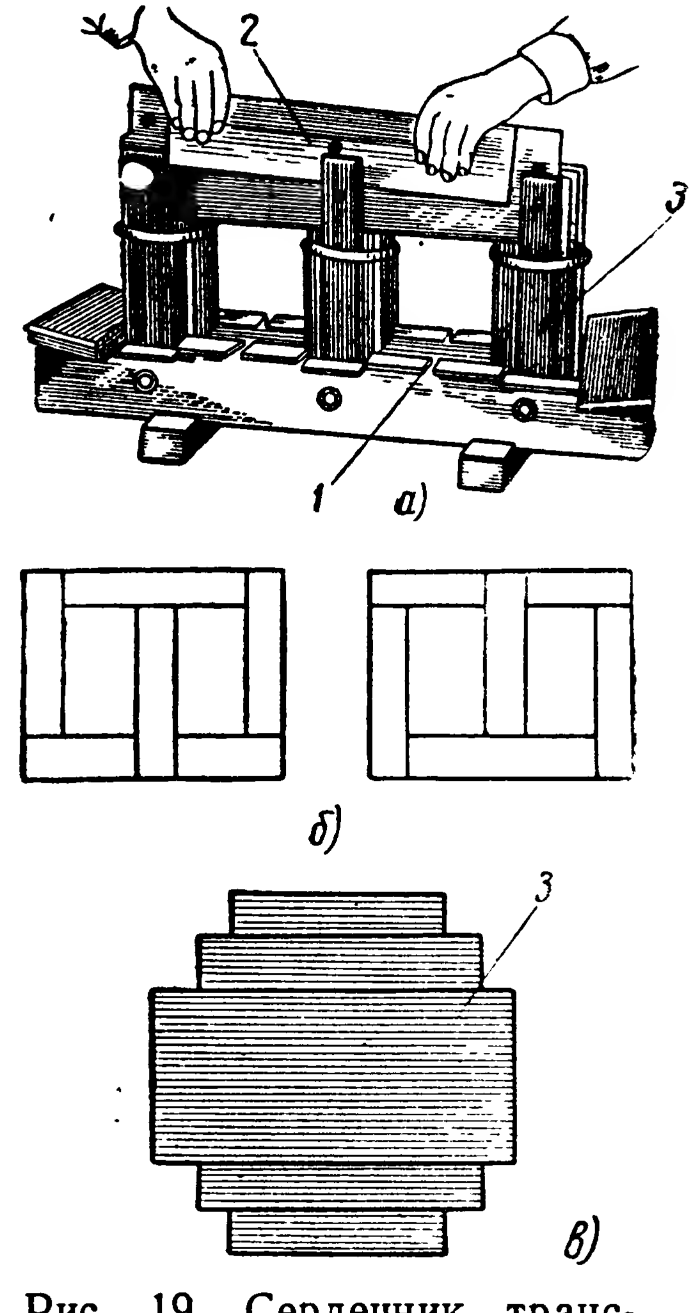



Рис. 19. Сердечник трансформатора:

*а* — шихтовка верхнего ярма, *б* — схемы шихтовки, *в* — сечение стержня

Обмотки трансформатора при протекании больших токов подвергаются действию сил, которые стремятся их деформировать. Для повышения прочности катушек их наматывают на изоляционные цилиндры. Если в круге расположить стержень квадратного сечения, то площадь круга используется не полностью. Поэтому стержни (рис. 19, *в*) трансформаторов делают ступенчатого сечения путем сборки из листов разной ширины. Число ступеней выбирается так: две для малых трансформаторов и шесть — для больших трансформаторов. Листы стержней у малых трансформаторов стягивают при помощи обматывания их киперной лентой, а у мощных трансформаторов в листах стержней сделаны отверстия для стягивающих шпилек, которые изолированы от листов изоляционными трубками. Таким образом исключается возможность образования проводящих контуров для вихревых токов. Ярма прессуют между ярмовыми балками *1* (рис. 20), стянутыми стальными шпильками. К ярмовым балкам приварены планки *3* с ввернутыми в них прессующими шпильками *2*, концы которых упираются в кольца *4* на торцах обмотки. Благодаря этому обмотки предохраняются от перемещения вдоль стержней под действием усилий, возникающих при протекании по ним тока.

Существует два основных вида обмоток трансформатора — концентрические и чередующиеся. В современных трансформаторах применяют концентрические обмотки. Чередующиеся обмот-

ки, состоящие из катушек высшего и низшего напряжения, которые расположены одна над другой по высоте стержня, применялись только в трансформаторах старых типов. В концентрических обмотках, применяемых в силовых трансформаторах, обычно на стержень надевается обмотка низшего напряжения *НН*, которую снаружи охватывает обмотка высшего напряжения *ВН* (см. рис. 20). Такое расположение обмоток, во-первых, дает возможность отдалить обмотку высшего напряжения от сердечника, а во-вторых, облегчает доступ к катушкам высшего напряжения при ремонте. Обе катушки наматывают на цилиндры из бакелизированной бумаги, что упрощает процесс производства и обеспечивает надежную изоляцию катушек. Для лучшего охлаж-

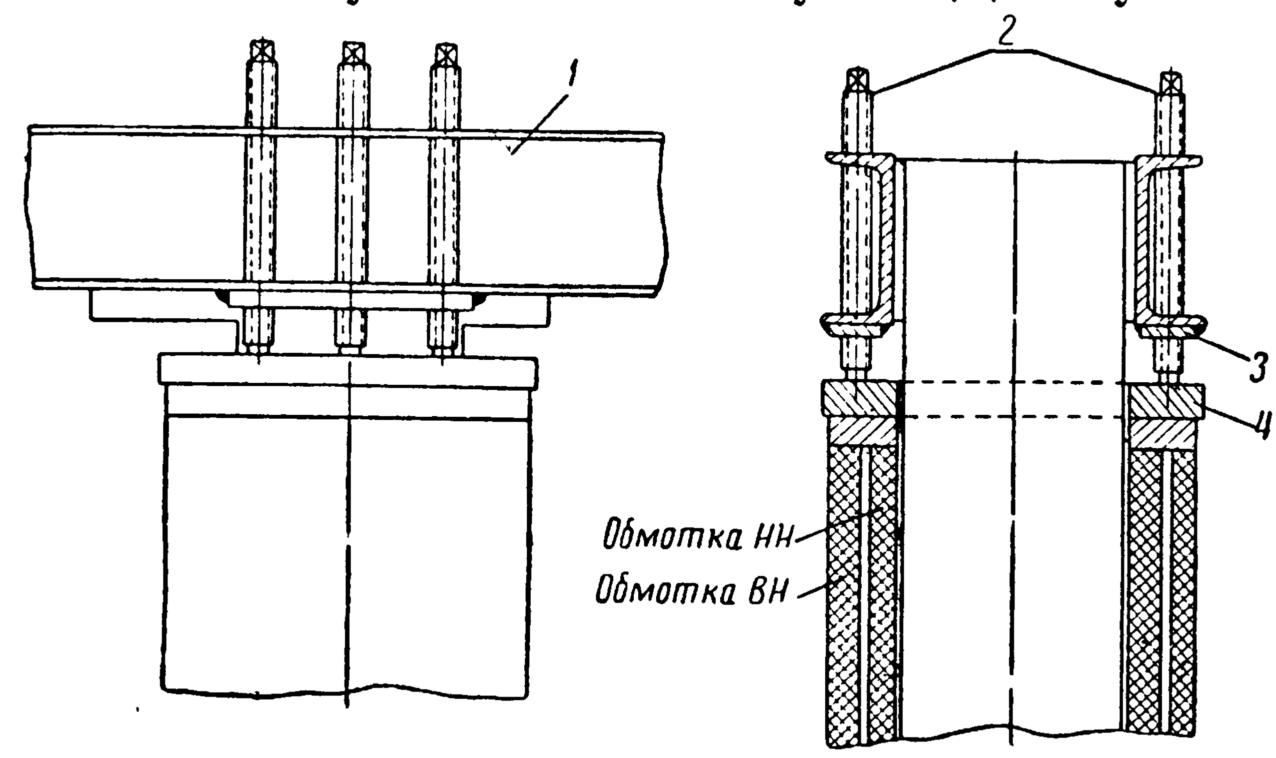



Рис. 20. Крепление обмоток трансформатора

дения катушек между ними оставляют каналы, образуемые за счет изоляционных распорок и прокладок между катушками. По этим каналам циркулирует масло, которое при нагреве поднимается вверх, а затем опускается по трубкам бака, в которых оно охлаждается.

Силовые трансформаторы должны иметь возможность регулировки напряжения на величину $\pm 5\%$ от номинального. Это достигается за счет устройства отпаек от концов обмотки высшего напряжения. Для регулировки напряжения при отключенном от сети трансформаторе могут служить или доски с контактами от выводов обмотки, находящиеся в баке под крышкой, или переключатели. Для переключения обмоток на досках необходимо снять крышку, а иногда даже приподнять выемную часть. Это создает большие неудобства в эксплуатации, особенно при наружной установке трансформатора. Поэтому в настоящее время для переключения ответвлений обмотки применяют переключатели, которые приводятся в действие при помощи рукоятки, выведенной на крышку трансформатора. В трехфазных трансформаторах переключатели изменяют число включенных витков в каждой фазе.

На рис. 21 показано устройство однофазного переключателя П6-300/110 на ток до 300 *а* и напряжение до 110 *кв*. Он состоит из двух гетинаксовых дисков *2*, в которые запрессовано по шесть бумажно-бакелитовых втулок *3*, выступающих своими концами по обе стороны дисков. Во втулки запрессованы латунные контактные стержни *4*, в нижних торцах которых просверлены отверстия для впаивания кабелей *1*, соединяющих стержни с ответвлениями обмотки. В центры дисков запрессованы бумажно-бакелитовые втулки *10*, а в них стальные втулки *7*, являющиеся подшипниками для шеек коленчатого вала *6* с пятью контактными кольцами *5*. Ось коленчатого вала выступает над верхним диском и несет на себе переходную стальную втулку *8* со штифтом *9*, служащую для соединения со штангой привода. Контактное кольцо *5* представляет собой латунное кольцо, в которое вставлена спиральная ленточная пружина. С помощью оси кольцо с пружиной закреплено на коленчатом валу. В рабочем положении пружина сжата и прижимает кольцо к двум контактным стержням. При поворачивании штанги привода контактные кольца замыкают разные пары стержней, чем и достигается переключение числа витков обмотки. В промежуточных положениях кольцо смещается к центру переключателя и сжимает пружину. Пружинное соединение контактного кольца с осью обеспечивает хорошее прилегание кольца по всей его высоте к контактным стержням.

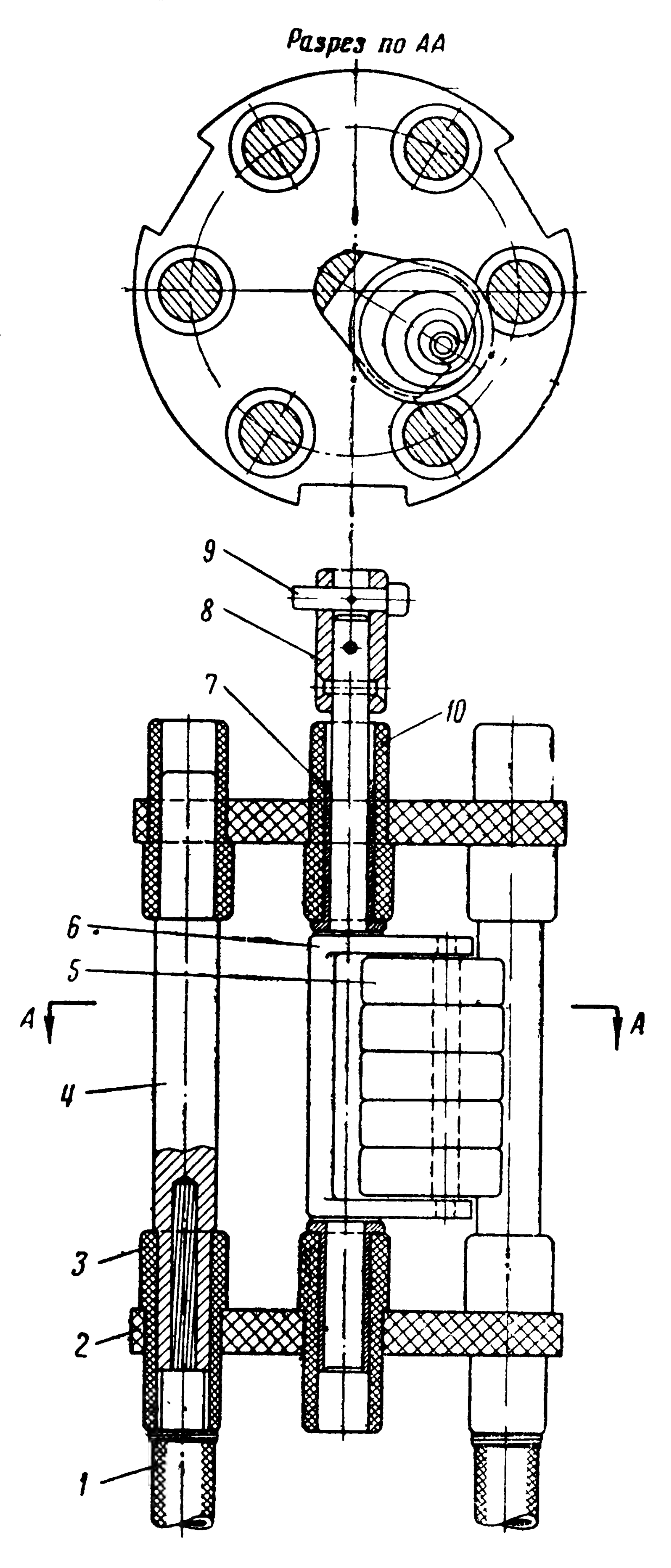


Рис. 21. Однофазный переключатель

У трансформаторов с масляным охлаждением сердечник с

катушками погружают в металлический бак, закрываемый крышкой с уплотнительной прокладкой. Бак сваривается из котельной стали и имеет овальную форму. В верхний и нижний пояса вварены стальные тонкостенные трубки в один или в несколько рядов. В больших трансформаторах устраивают трубчатые радиаторы. Их дополнительно охлаждают, обдувая воздухом от специальных вентиляторов.

Выемная часть надежно закрепляется на дне бака. Она не должна смещаться в баке при толчках во время перевозки. В трансформаторах малой мощности ко дну бака приваривают два угольника. Они помещаются между ярмовыми балками сердечника и предохраняют активную часть от сдвигов в обоих направлениях. У трансформаторов большей мощности ко дну бака приваривают стальные цилиндрические стержни с конической головкой, которые при опускании выемной части входят в отверстия в нижних ярмовых балках.

Бак трансформатора полностью заливают маслом. При нагреве трансформатора объем масла увеличивается, а при охлаждении снова уменьшается. Чтобы не создавать избыточного давления в баке, на крышке расположен цилиндрический бачок, называемый расширителем (см. рис. 18). Он соединен с баком стальной трубкой. Соединительная трубка выступает над дном расширителя. Это защищает трансформатор от попадания в бак грязи и влаги, которые отстаиваются на дне расширителя. Расширитель соединен с окружающей атмосферой через трубку с фильтром, задерживающим попадание в него влаги и пыли из воздуха. Благодаря наличию расширителя поверхность масла в баке не соприкасается с окружающим воздухом, что очень важно для сохранения изоляционных свойств масла.

Надежная работа трансформатора в большой степени зависит от качества масла, которым заполнен его бак. В эксплуатации различают два вида изоляционных масел: чистое сухое масло, которым заливают бак, и эксплуатационное масло, находящееся в баке при работе трансформатора. Техническими условиями на трансформаторное масло устанавливаются его вязкость, кислотность, стабильность, зольность, содержание механических примесей, температура вспышки, температура застывания, прозрачность. Всякие ненормальные условия работы трансформатора немедленно отражаются на качестве масла, поэтому контроль его весьма важен в эксплуатации трансформаторов. Сообщаясь с воздухом, масло увлажняется и окисляется. Влагу можно удалить из масла очисткой центрифугой или фильтр-прессом. Кислотность и другие нарушения технических свойств можно удалить лишь путем регенерации масла в специальных устройствах. Внутренние повреждения трансформатора, как, например, витковые замыкания, пробой изоляции, местный нагрев или «пожар в железе» и т. д., влекут за собой изменения качества масла.

В трансформаторах большой мощности в трубу, соединяющую бак с расширителем, вставляется газовое реле (рис. 22). В нем имеются два поплавка *1* и *2*, на которых установлены ртутные контакты *3*. В случае коротких замыканий в обмотках из масла будут обильно выделяться пузырьки и устремляться в расширитель. В это время поплавки опустятся, как показано пунктиром. При замыкании контактов верхнего поплавка подается сигнал, а при замыкании контактов нижнего поплавка трансформатор автоматически отключается от сети. Если отключение трансформатора по какой-либо причине запаздывает, то большим давлением изнутри бак может разорвать. Для предохранения бака в мощных трансформаторах применяется выхлопная труба, установленная на крышке бака. Если давление превышает норму, лопается стеклянный диск на конце трубы и масло устремляется в специальную канаву в трансформаторной будке.

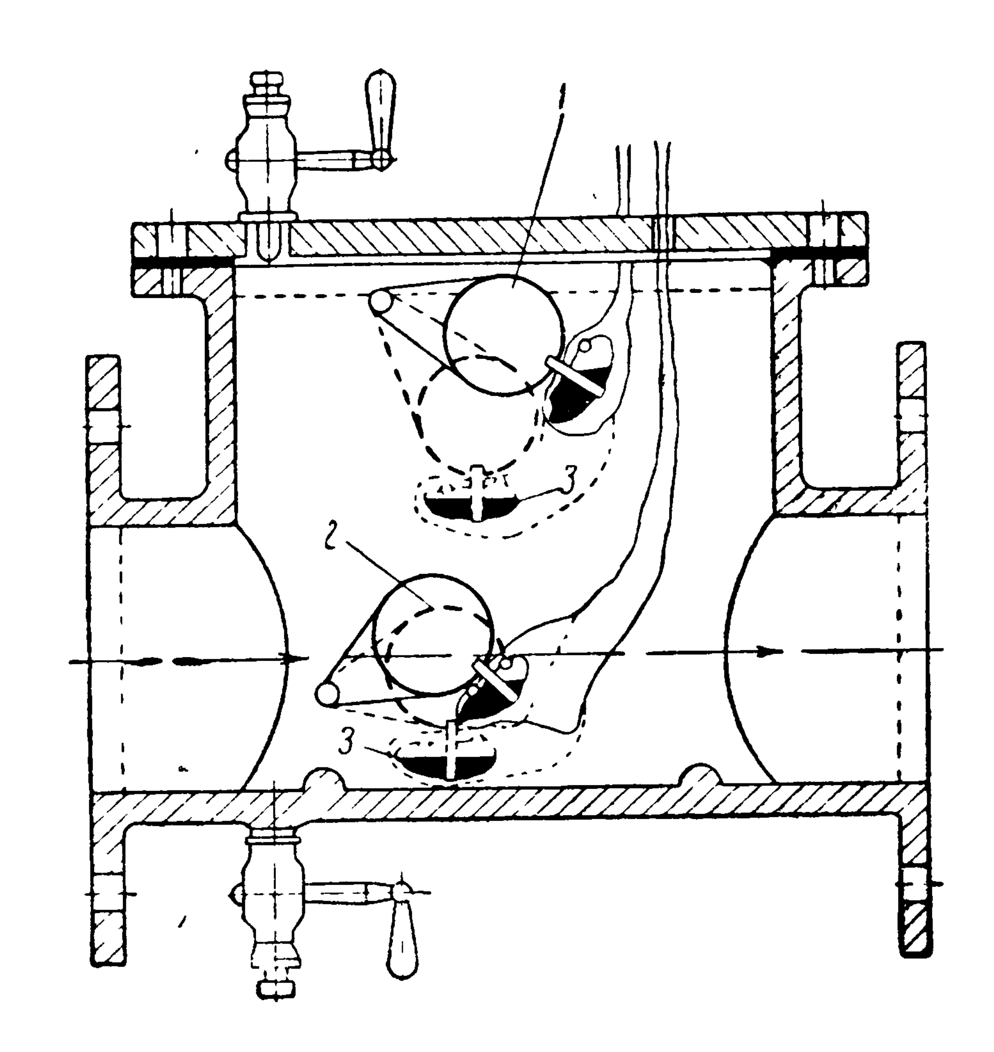



Рис. 22. Газовое реле

## § 2. СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Электрическая дуговая сварка получила огромное распространение во всех областях производства. Электросварочное оборудование с каждым годом совершенствуется.

Источником электрической энергии для дуговой сварки являются генераторы и трансформаторы. От генераторов питаются сварочные установки на постоянном токе. Сварка на постоянном токе имеет то преимущество, что, меняя полярность электродов, можно изменять температуру нагрева свариваемых деталей. Однако сварочные генераторы сложны по устройству и требуют квалифицированного ухода. К монтажу их предъявляются строгие требования.

Трансформаторы не имеют вращающихся частей и потому к установке их не предъявляется особых требований. Кроме того, к. п. д. трансформатора выше, чем к. п. д. агрегата, состоящего из генератора и приводного двигателя. Для питания дуги переменным током требуется напряжение 55—80 *в*. Поэтому питать дугу непосредственно от сети переменного тока нельзя. Для

устойчивости дуги и регулировки силы тока сварочные трансформаторы снабжают специальными регуляторами.

Сварочные трансформаторы изготовляются или в одном корпусе с регулирующим устройством (однокорпусные) или в двух

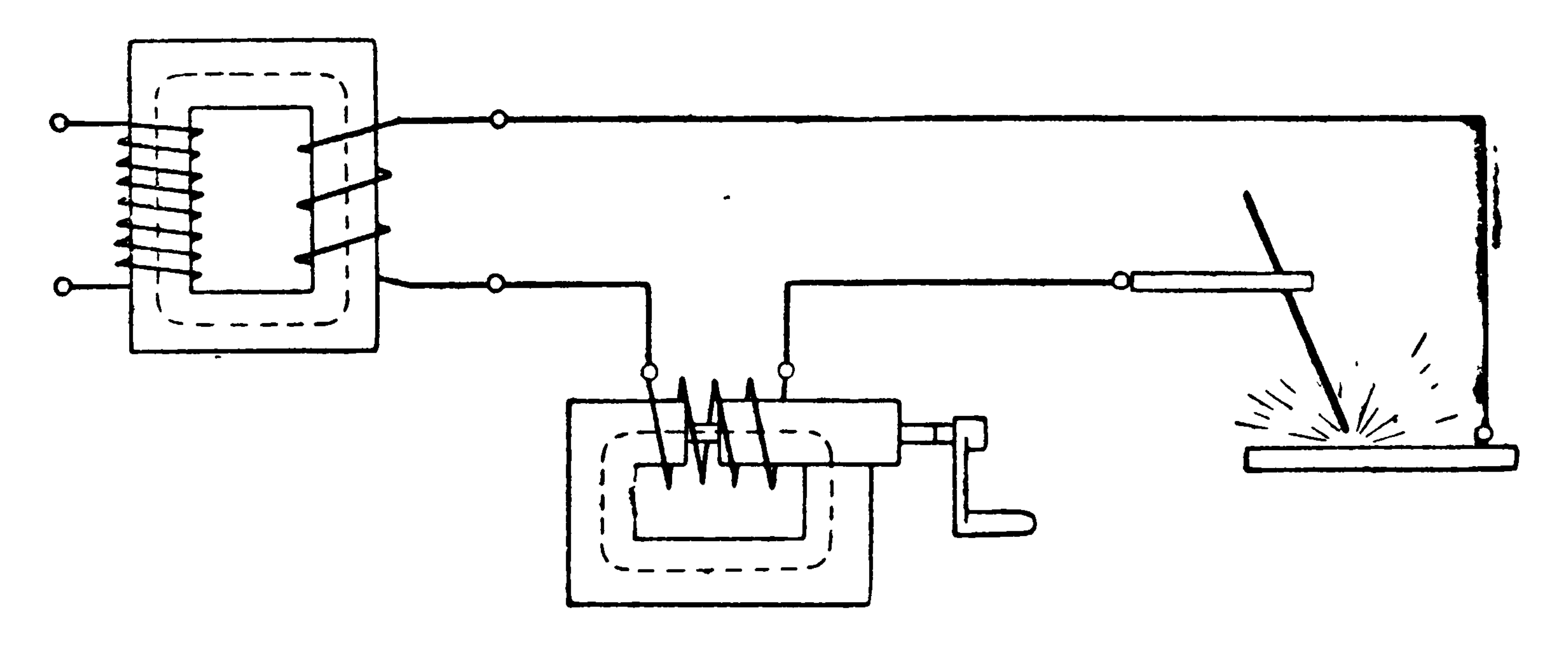


Рис. 23. Схема сварочной установки

(двухкорпусные); в последних регулятор находится в отдельном корпусе. На рис. 23 показана схема электродуговой установки. В качестве регулятора применяется катушка со стальным сердечником (дроссель), в котором имеется регулируемый воздушный зазор. При изменении воздушного зазора в сердечнике дросселя изменяется индуктивное сопротивление катушки, а следовательно, и сварочный ток. При уменьшении зазора ток уменьшается, а при увеличении растет. Сварочные трансформаторы на 350 *а* имеют пределы регулировки сварочного тока 100—500 *а*, а трансформаторы на 500 *а* регулируются в пределах 150—700 *а*.

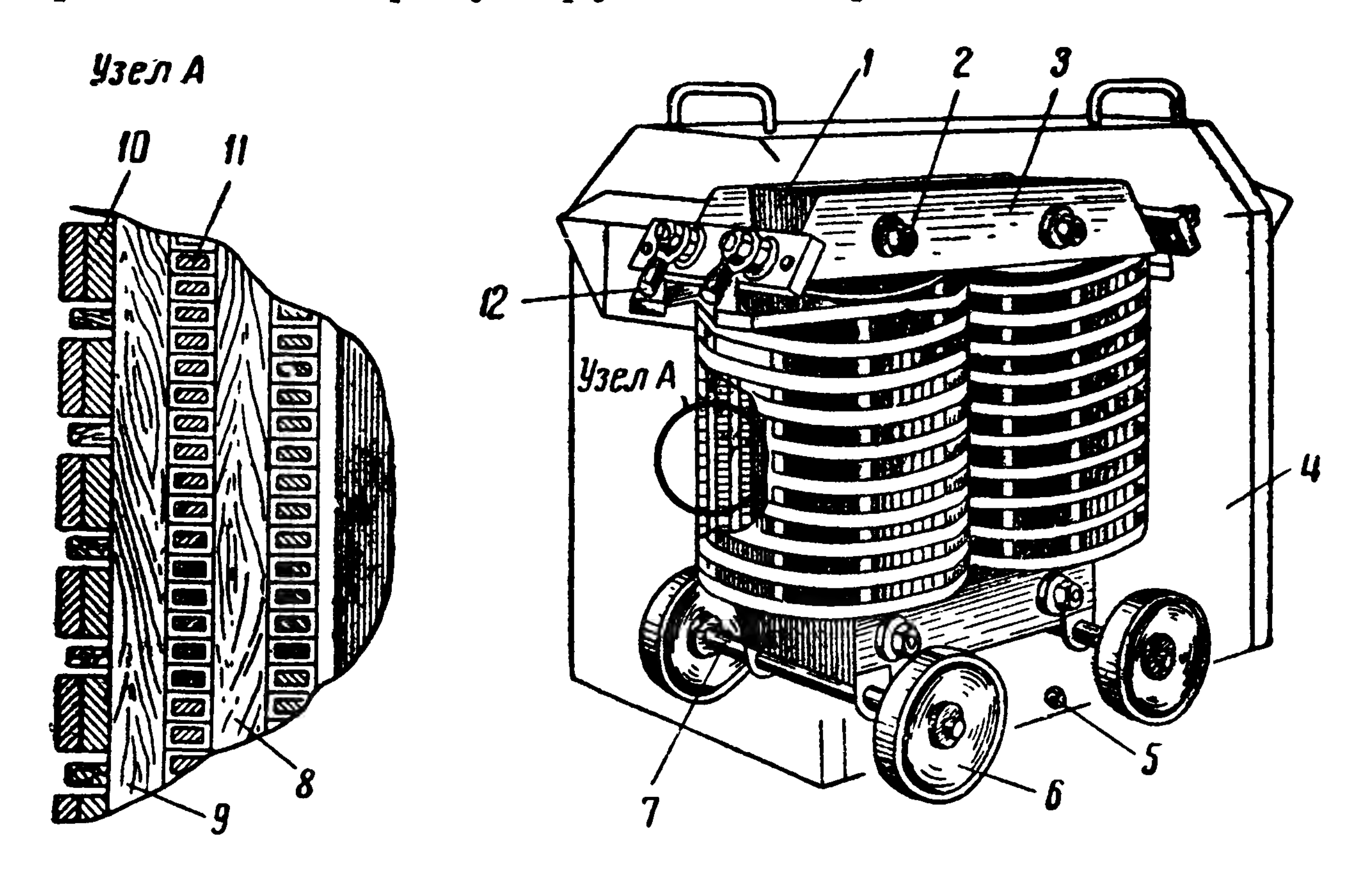



Рис. 24. Сварочный трансформатор СТЭ-34-У

На рис. 24 показано устройство двухкорпусного сварочного трансформатора СТЭ-34-У. Сердечник *1* набран из листовой

трансформаторной стали Э-41 толщиной 0,5 *мм*. Все листы предварительно изолируются лаком или оклеиваются тонкой бумагой. Сердечник стягивается при помощи шпилек *2* и щек *3*. К щекам снизу приварены две оси *7* с катками *6*. К щекам ярма с двух сторон прикреплены изоляционные доски с выводными зажимами *12* от первичной и вторичной обмоток трансформатора. На сердечник надеты две катушки, состоящие каждая из витков первичной и вторичной обмоток. Первичная обмотка *11* намотана из провода марки ПБД в два слоя, между которыми проложены деревянные рейки *8*, создающие воздушные каналы для лучшего охлаждения обмоток. Вторичная обмотка *10* намотана поверх первичной в один слой в два параллельных провода. Витки разделяются выступами деревянной гребенки *9*, которая создает также изоляционный промежуток между катушками.

Снаружи трансформатор закрыт кожухом *4*, сваренным из листовой стали, который крепится к осям катков. В кожухе сделаны вентиляционные каналы для охлаждения активных частей. К кожуху прикреплены две ручки для передвижения трансформатора. На стенке кожуха имеется болт *5* для заземляющего провода. Выводы первичной обмотки заземлены через конденсаторы для подавления помех радиоприему, создаваемых при работе трансформатора.

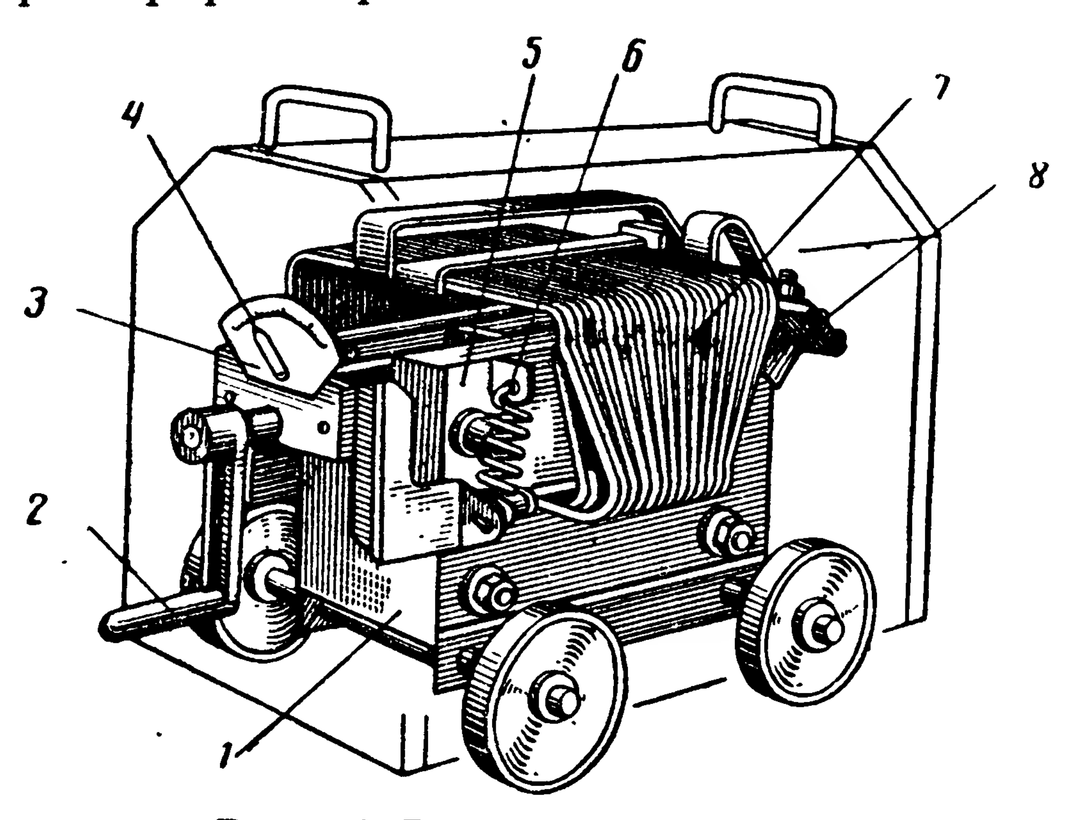



Рис. 25. Регулятор РСТ-34-У

На рис. 25 показано устройство регулятора РСТ-34-У. Магнитопровод регулятора состоит из подвижной части *5* и неподвижной части *1*, собранных из листов трансформаторной стали. Для уменьшения вибраций подвижная часть магнитопровода прижимается к неподвижной с помощью двух пружин *6*. Обмотка регулятора *7* намотана из голых медных шин и закреплена в окне сердечника изолированными шпильками. Изоляция между витками и от сердечника выполнена из асбестовых прокладок. Выводы обмотки закреплены на дощечке *8*. Передвижение подвижной части сердечника осуществляется вращением рукоят-

ки *2*, которая в свою очередь вращает винт. Он нарезанной частью ввертывается в гайку, закрепленную в подвижной части сердечника, а конец винта упирается в неподвижную часть. Одновременно с винтом поворачивается стрелка *4*, которая показывает на шкале *3* ориентировочную величину сварочного тока. При вращении рукоятки по часовой стрелке сварочный ток увеличивается, а при вращении против часовой стрелки уменьшается. Регулятор снабжен кожухом с ручками и колесами для удобства передвижения.

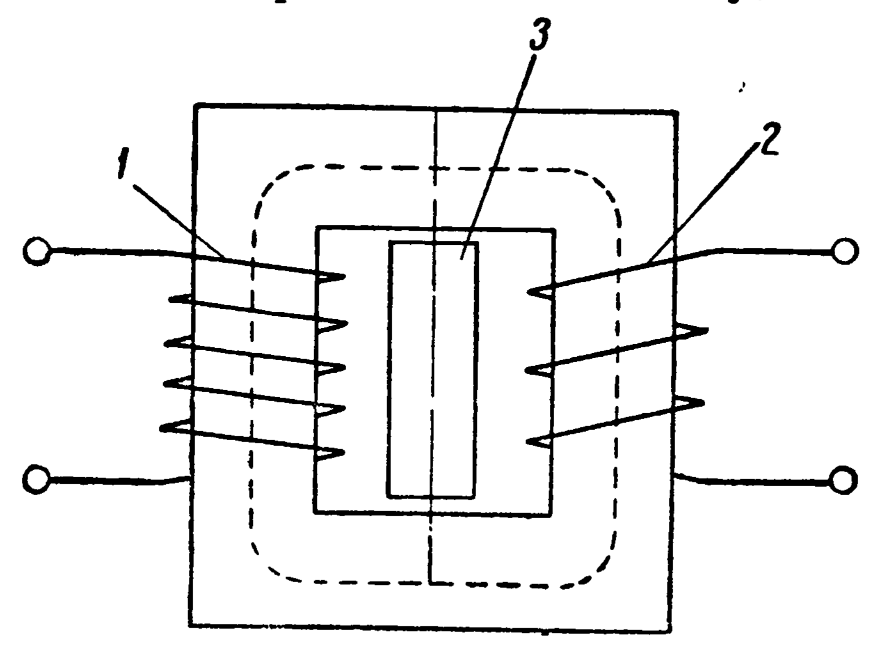



Рис. 26. Схема сварочного трансформатора СТАН

В однокорпусных сварочных трансформаторах регулирующее устройство объединено в одно целое с трансформатором. За счет этого достигается некоторая экономия активных и конструктивных материалов и уменьшаются размеры установки. На рис. 26 показана схема устройства сварочного трансформатора СТАН. На стержнях магнитопровода размещены первичная катушка *1* и вторичная катушка *2* трансформатора. Между обмотками помещается магнитный шунт *3*, собранный, как и сердечник, из трансформаторной стали. Магнитный шунт сделан подвижным, за счет чего можно изменять величину воздушных зазоров. С увеличением зазоров растет сварочный ток. На схеме показано, что каждая обмотка занимает один стержень. Но трансформаторы с разделенными обмотками можно выполнять только на небольшие токи. Поэтому в трансформаторах СТАН каждая обмотка размещается на обоих стержнях.

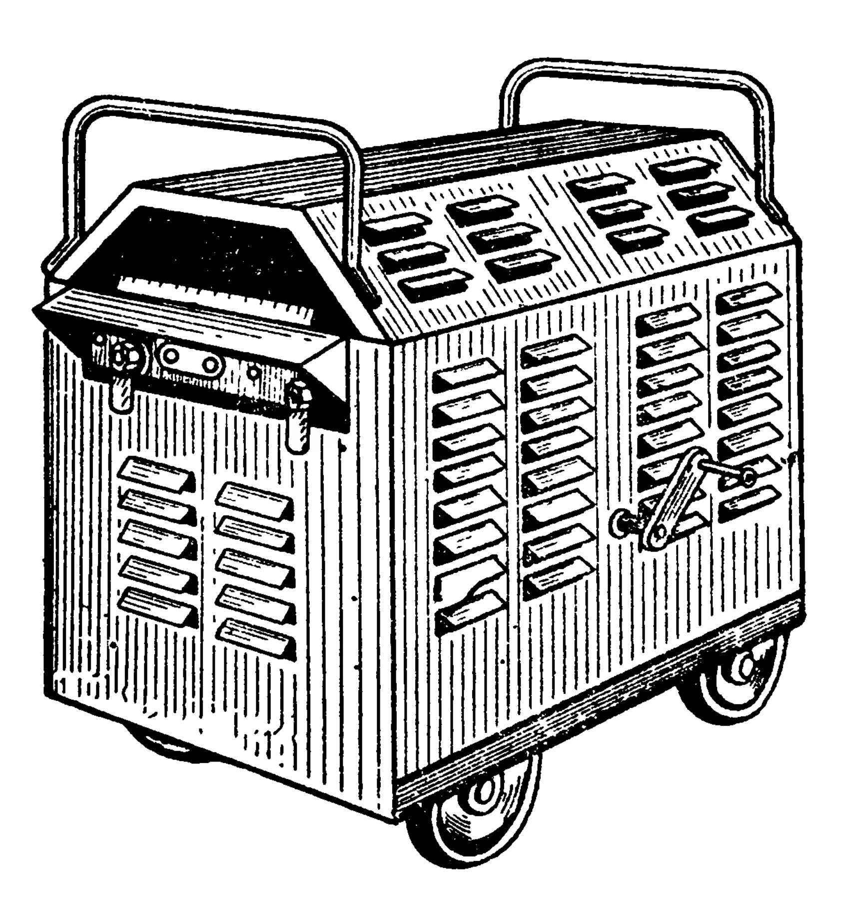


Рис. 27. Трансформатор СТАН

На рис. 27 показан внешний вид трансформатора СТАН. На передней стенке видны зажимы вторичной обмотки, а на боковой стенке — рукоятка для регулировки сварочного тока.

*Глава III*

# УСТРОЙСТВО МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

## § 1. СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

Все электростанции Советского Союза, кроме некоторых станций местного значения, вырабатывают переменный трехфазный ток частотой 50 пер/сек.

Генераторы переменного тока проще по устройству и могут быть построены значительно большей мощности, чем генераторы постоянного тока.

Для промышленного электропривода наибольшее применение находят электродвигатели трехфазного тока, так как они проще и дешевле, чем двигатели постоянного тока.

Как известно из электротехники, частота переменного тока выражается формулой $f = \frac{p \cdot n}{60}$, где $p$ — число пар полюсов, а $n$ — число оборотов в минуту. При стандартной частоте переменного тока 50 пер/сек скорость вращения ротора генератора определяется формулой $n = \frac{50 \cdot 60}{p}$. Для синхронных машин по формуле определяется действительное число оборотов ротора; роторы асинхронных электродвигателей вследствие скольжения вращаются с несколько меньшей скоростью.

Например, при скольжении 4% скорость вращения ротора четырехполюсного асинхронного двигателя $n = 1500 - 0{,}04 \cdot 1500 = 1400$ об/мин.

На гидростанциях генераторы приводятся во вращение водяными турбинами, скорость вращения которых составляет от 68 до 250 об/мин. На тепловых станциях электрическая энергия вырабатывается турбоагрегатами, состоящими из паровой турбины и турбогенератора. Для лучшего использования энергии пара турбины строятся быстроходными со скоростью вращения 3000 об/мин. Тепловые электростанции имеются и на крупных промышленных предприятиях.

На рис. 28 показана конструкция турбогенератора.

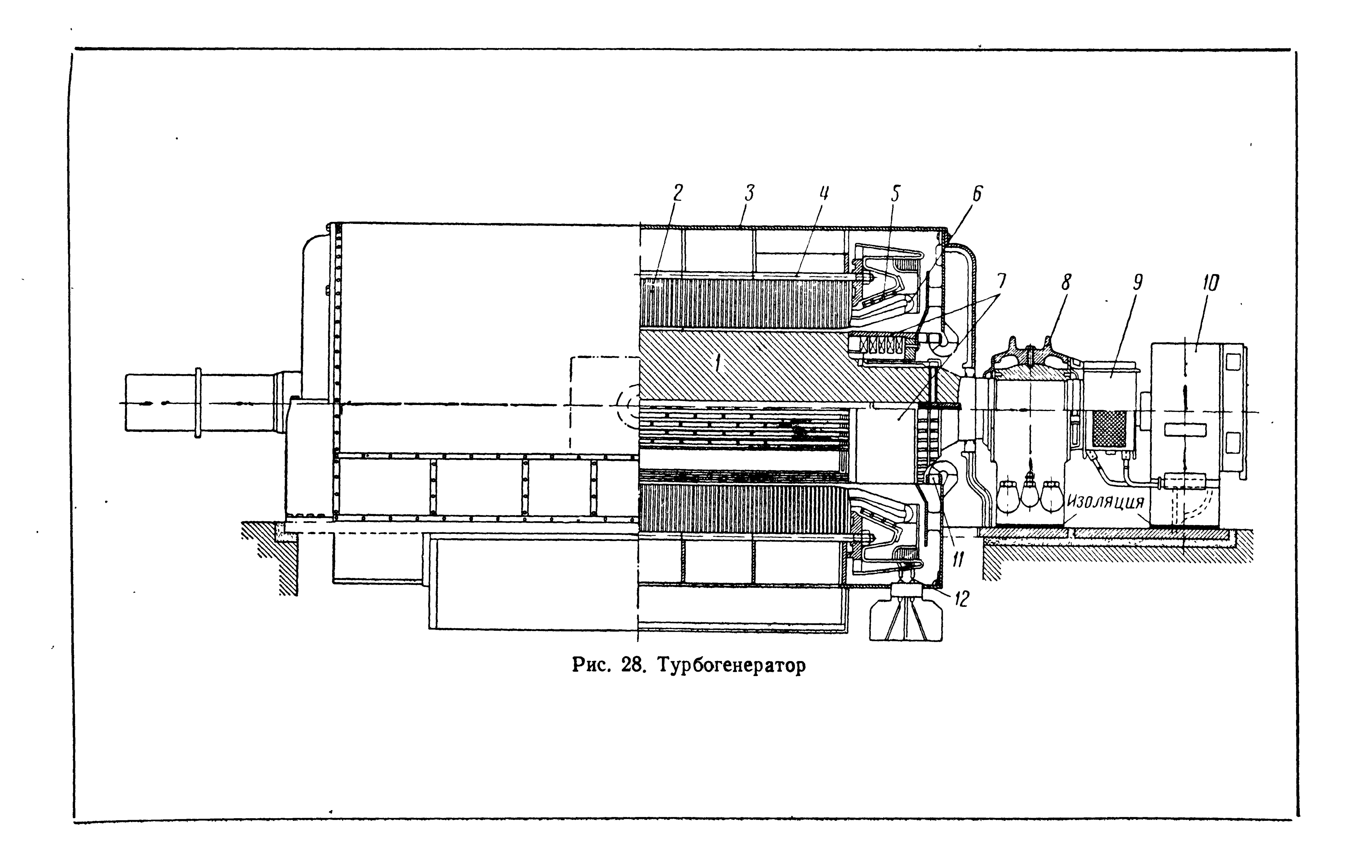



Рис. 28. Турбогенератор

Ротор *1* генератора изготовлен из стальной поковки, в которой профрезерованы пазы для обмотки возбуждения, питаемой от специальной машины постоянного тока *10*, называемой возбудителем. Ток к обмотке ротора подводится через контактные кольца, закрытые кожухом *9*; к ним присоединены выводы обмотки ротора. При вращении ротора возникает большая центробежная сила. В пазах ротора обмотка удерживается металлическими клиньями, а на лобовые части напрессованы стальные бандажные кольца *7*.

Статор собирается из штампованных листов *2* специальной электротехнической стали, которые укрепляются в станине *3*, сваренной из листовой стали. Каждый лист статора состоит из нескольких частей, называемых сегментами, которые укрепляются при помощи болтов *4*. В пазах статора уложена обмотка *6*, в проводниках которой при вращении ротора наводятся электродвижущие силы. Электродвижущие силы последовательно соединенных проводников обмотки складываются, и на зажимах *12* создается напряжение в несколько тысяч вольт. При протекании токов между проводниками обмотки создаются большие силы. Поэтому лобовые части обмотки статора привязаны к кольцам *5*.

Ротор вращается в подшипниках *8*. Между подшипником и фундаментной плитой проложена изоляция для разрыва цепи, по которой могут замыкаться подшипниковые токи. Второй подшипник выполняется вместе с паровой турбиной.

Для охлаждения генератора статор разделен на отдельные пакеты, между которыми расположены вентиляционные каналы. Воздух прогоняется вентиляторами *11*, укрепленными на роторе. Для охлаждения мощных генераторов требуется прогонять через них огромное количество воздуха, достигающее десятков кубических метров в секунду. Если забирать охлаждающий воздух из помещения станции, то при наличии в нем самых ничтожных количеств пыли (несколько миллиграммов в кубическом метре) генератор будет в короткое время загрязнен пылью. Поэтому турбогенераторы строят с замкнутой системой вентиляции. Воздух, который при прохождении через вентиляционные каналы генератора нагревается, поступает в специальные воздухоохладители, расположенные под корпусом турбогенератора. Там нагретый воздух проходит между ребристыми трубками воздухоохладителя, через которые протекает вода, и охлаждается. После этого воздух снова поступает к вентиляторам, которые прогоняют его через вентиляционные каналы. Таким образом, генератор охлаждается непрерывно одним и тем же воздухом и пыль не может попасть внутрь генератора.

Скорость на окружности ротора турбогенератора превышает 150 *м/сек*. При такой скорости затрачивается большое количество энергии на трение ротора о воздух. Так, например, в турбогенераторе мощностью 50 000 *квт* потери энергии на трение о воздух составляют 53% от суммы всех потерь.

Для снижения этих потерь внутреннее пространство мощных турбогенераторов заполняют не воздухом, а водородом. Водород в 14 раз легче воздуха, т. е. имеет во столько же раз меньшую плотность, поэтому потери на трение ротора значительно снижаются. Для предохранения от взрыва гремучего газа, образующегося от смеси водорода с кислородом воздуха, внутри генератора устанавливается более высокое давление, чем атмосферное. Поэтому кислород воздуха не может проникнуть внутрь генератора. Убыль водорода через неплотности корпуса генератора пополняется из баллонов со сжатым водородом.

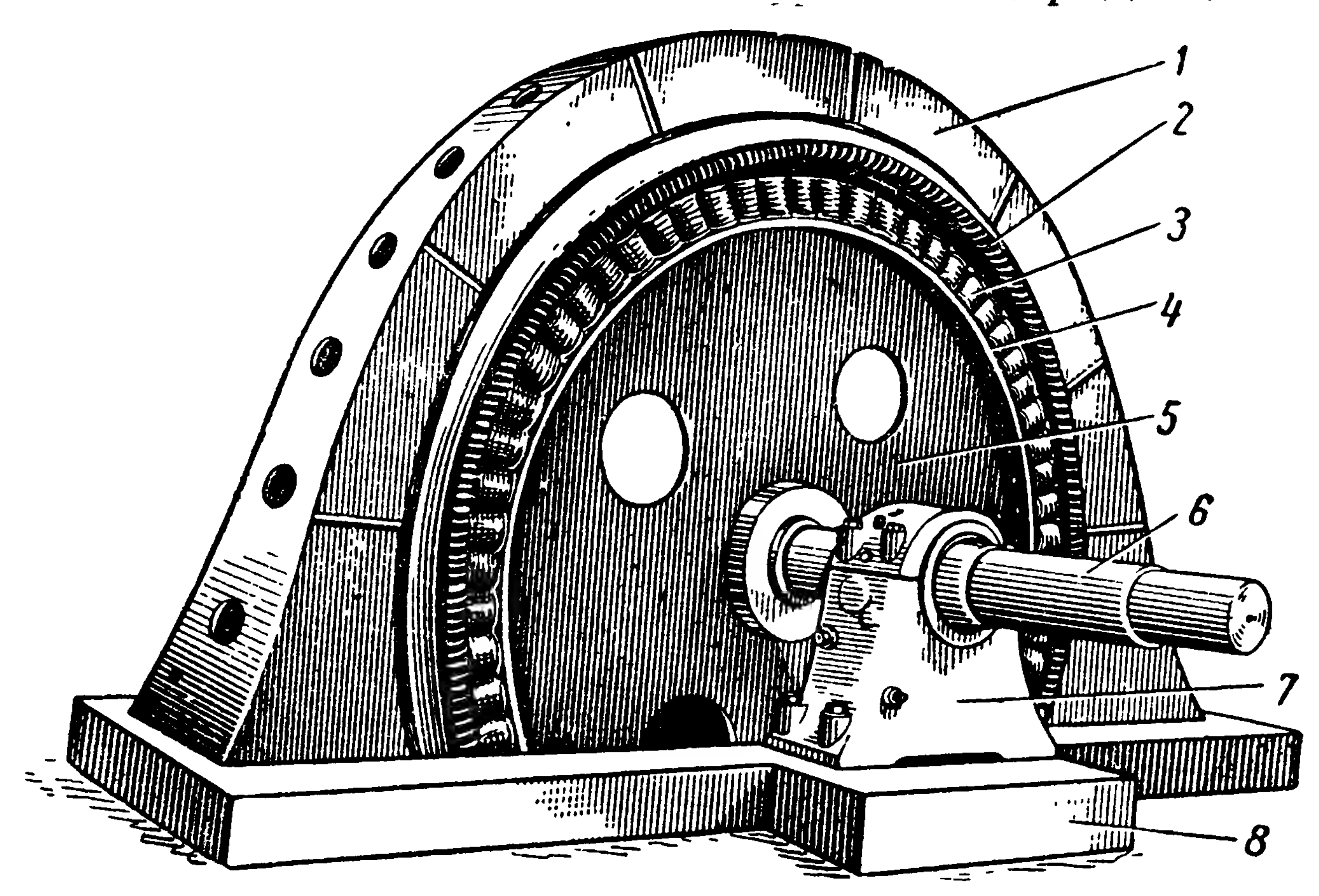



Рис. 29. Тихоходный синхронный двигатель

На рис. 29 показана конструкция тихоходного синхронного двигателя переменного тока со скоростью вращения 100 об/мин. Станина двигателя *1* сварная открытого типа, в ней закреплен статор *2* с обмоткой. Ротор имеет 60 полюсов *3*, привинченных болтами к ободу *4*, согнутому из листовой стали и приваренному к диску *5*. Вал ротора *6* вращается в подшипниках *7*, установленных на общей плите *8* вместе со станиной. Синхронные двигатели применяются в тех случаях, когда не надо регулировать скорость вращения, так как они вращаются с постоянной скоростью. Обмотка ротора питается постоянным током от специального генератора, который установлен отдельно и вращается при помощи двигателя переменного тока.

## § 2. ПУСК В ХОД, РЕГУЛИРОВКА И ОСТАНОВ СИНХРОННЫХ МАШИН

Если синхронный генератор работает на самостоятельную сеть, как это бывает на местных электростанциях малой мощности, то сначала запускают генератор вхолостую и доводят скорость вращения до номинального числа оборотов. Затем

увеличивают напряжение генератора до номинального при помощи реостата в цепи возбуждения и соединяют обмотку статора с линией. При работе генератора на нагрузку напряжение на зажимах понижается за счет падения напряжения и размагничивания полюсов ротора магнитным потоком статора. Регулировка напряжения производится реостатом в цепи возбуждения. Чтобы поднять напряжение, надо вывести часть сопротивления реостата. При этом возрастает ток в катушках ротора и поднимается напряжение на зажимах статора. Для останова генератора надо при помощи того же реостата снизить напряжение, затем отключить генератор от линии и после этого остановить механический двигатель, вращающий ротор генератора.

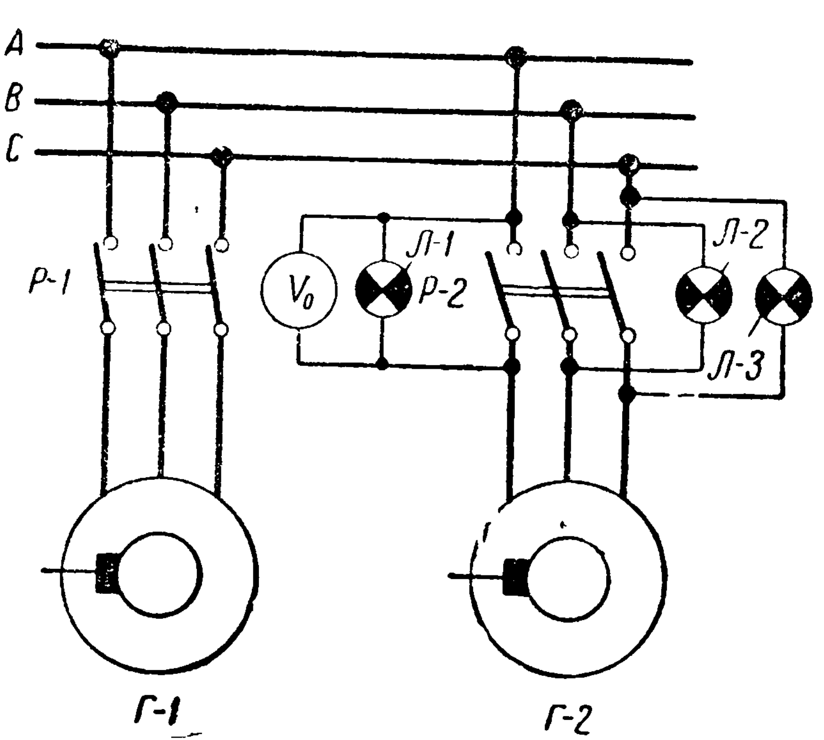


Рис. 30. Схема включения синхронного генератора

На электростанциях большей мощности устанавливают несколько генераторов, работающих параллельно один с другим, а если станция связана с сетью энергосистемы, то параллельно с системой. Параллельная работа генераторов обеспечивает повышение надежности электроснабжения, повышение экономичности эксплуатации и большее постоянство частоты и напряжения при колебаниях нагрузки. При аварии с одним генератором его нагрузка может быть передана на другие. Количество одновременно работающих генераторов определяется нагрузкой станции.

На электростанциях СССР применяют два способа включения трехфазных синхронных генераторов на параллельную работу: 1) способ точной синхронизации и 2) способ самосинхронизации.

Синхронизация генератора заключается в изменении его возбуждения и скорости вращения. На рис. 30 показана схема включения генератора на параллельную работу. Генератор *Г-1* работает на линию, а генератор *Г-2* требуется включить на параллельную работу. Для этого в разрывы фаз между зажимами генератора и линией включают три лампы *Л-1*, *Л-2* и *Л-3* и вольтметр $V_0$. Скорость вращения и напряжение генератора *Г-2* доводят до номинальных значений, не замыкая рубильник *Р-2*. Тогда лампы окажутся под напряжением, равным разности напряжений линии и генератора. За счет неточности частот они будут то загораться, то гаснуть. Если все три лампы загораются и гаснут одновременно, то значит чередование фаз генератора совпадает с линией.

Если же лампы загораются поочередно, надо поменять

местами две фазы на зажимах генератора. Включение рубильника *Р-2* производят тогда, когда все три лампы потухли, а вольтметр $V_0$ показывает 0.

На крупных станциях более точной синхронизации добиваются при помощи специальных приборов — синхроноскопов. На рис. 31 показан синхроноскоп ЭБС. Он имеет три неподвижные катушки из тонкой изолированной проволоки. Две катушки *5* и *6* расположены под углом 120° одна к другой и окружают центральную катушку *1*, внутри которой помещен Z-образный стальной сердечник *2*, укрепленный совместно с указательной стрел-

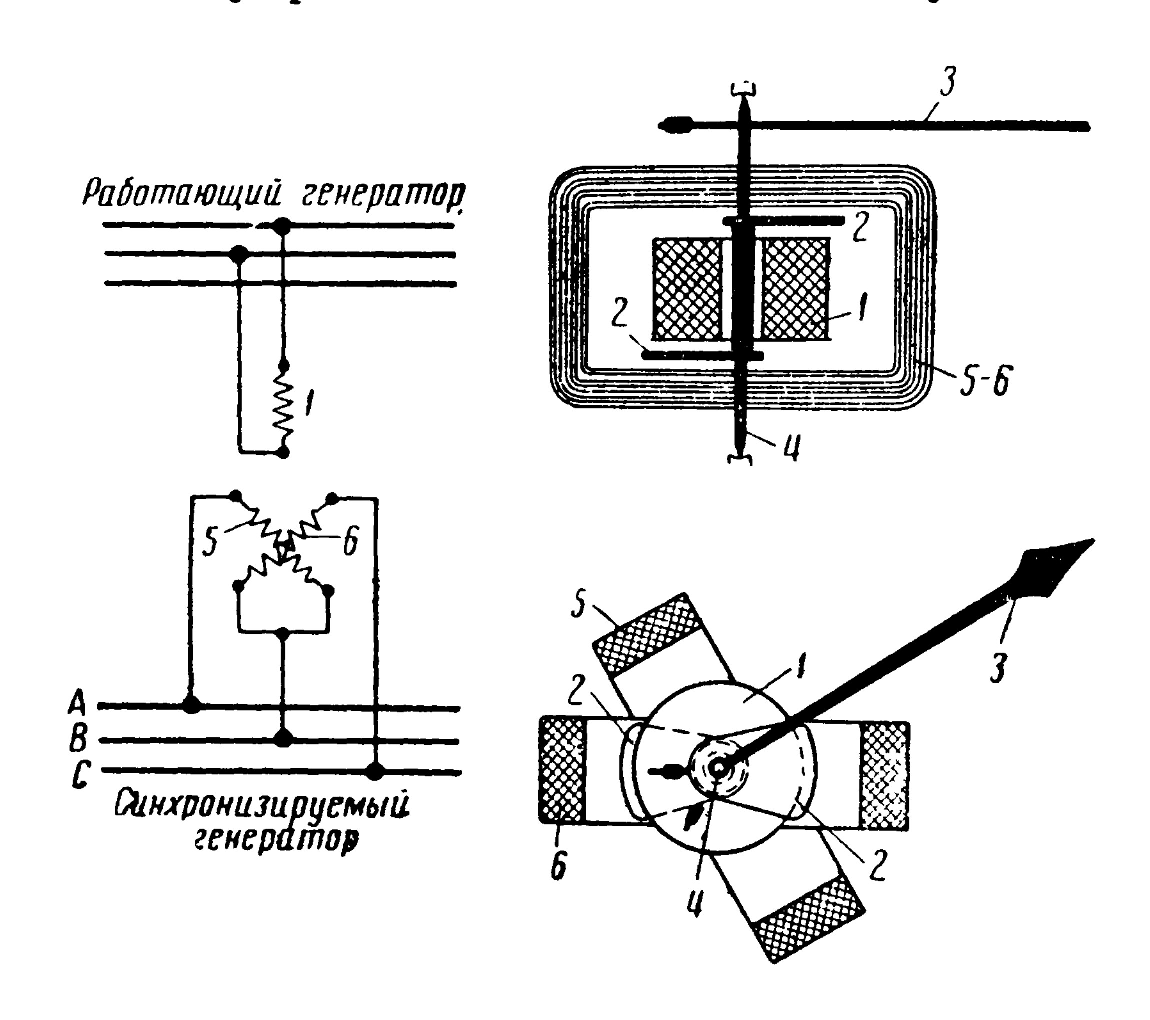



Рис. 31. Синхроноскоп ЭБС

кой *3* на оси *4*. Сердечник, стрелка и ось образуют подвижную часть прибора. Катушку *1* присоединяют к работающему генератору, а катушки *5* и *6* — к включаемому генератору. Если генераторы работают синхронно, то стрелка синхроноскопа устанавливается вертикально. При равенстве частот, но несовпадении фаз стрелка отклоняется в ту или иную сторону. Если не равны частоты, то стрелка начинает вращаться. Генератор включают, когда стрелка синхроноскопа медленно подойдет к вертикальной черте, а стрелка нулевого вольтметра — к нулю.

При включении по способу самосинхронизации невозбужденный генератор, вращающийся со скоростью, несколько отличной от синхронной, включают в сеть и одновременно подают возбуждение в цепь ротора, после чего генератор начинает вращаться синхронно.

Способ самосинхронизации в последние годы широко применяется на наших электростанциях.

## § 3. ПОДШИПНИКОВЫЕ ЩИТЫ И ПОДШИПНИКИ

Валы электрических машин вращаются в подшипниках. Машины мощностью до 100 *квт* строятся исключительно с подшипниками качения (шариковыми и роликовыми). Область применения подшипников качения с каждым годом расширяется, и в ближайшее время все машины мощностью до 1000 *квт* будут строиться только на шарико- и роликоподшипниках. Преимущества подшипников качения перед подшипниками скольжения заключаются в простоте обслуживания, малом расходе смазочных материалов, незначительном износе и надежности в работе. В машинах с наружным диаметром менее 1 *м* подшипники закрепляются в крышках, которые носят название подшипниковых щитов. В машинах больших размеров подшипники устанавливаются в специальных стояках, которые прочно прикрепляются к фундаментной плите вместе со станиной (см. рис. 29).

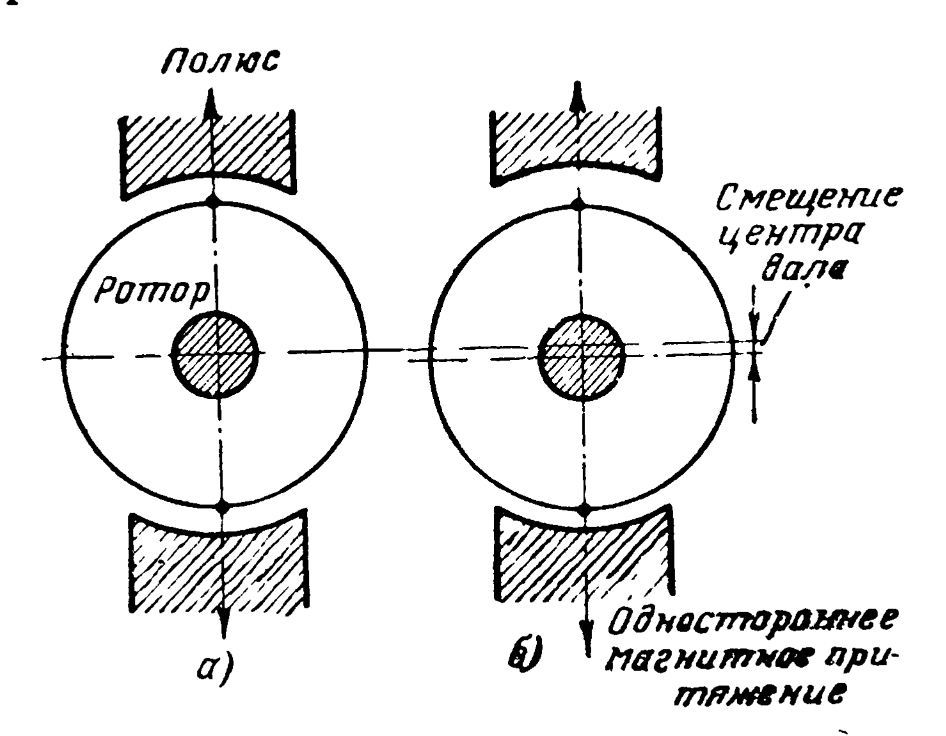



Рис. 32. Магнитное притяжение ротора полюсами:

*а* — при равномерном зазоре, *б* — при неравномерном зазоре

Электрические машины мощностью выше 1000 *квт* изготовляются на подшипниках скольжения. Шейки валов опираются на вкладыши, представляющие собой стальные или чугунные втулки, залитые антифрикционным сплавом — баббитом.

Если износ подшипника очень большой, то в асинхронных электродвигателях, у которых зазор между статором и ротором мал, ротор будет задевать за статор, что повлечет за собой повреждение магнитных сердечников и обмоток.

Кроме того, увеличенный износ подшипников во всякой электрической машине вызывает усиленное магнитное притяжение ротора, которое создает дополнительную нагрузку на подшипники. Это легко пояснить на следующем примере (рис. 32). Если ротор находится на одинаковом расстоянии от полюсов статора, то каждый полюс притягивает его с одинаковой силой. Эти силы уравновешиваются и не передаются на подшипники (рис. 32, *а*). Когда ротор вследствие износа подшипников опустится, то притяжение верхним полюсом уменьшится, а притяжение нижним полюсом увеличится (рис. 32, *б*). Магнитное притяжение будет тянуть ротор в сторону нижнего полюса с силой, которая часто превышает вес ротора. Поэтому, когда износ подшипника достиг установленной нормы, его надо заменить новым.

На рис. 33 показан подшипниковый узел электрической машины с шарикоподшипником. Шарикоподшипник *2* насаживается на вал плотно, а в отверстие подшипникового щита *4* вставляется свободно. Это сделано для того, чтобы при работе машины внешнее кольцо подшипника могло слегка проворачиваться в головке подшипника. Благодаря этому давление подшипника поочередно передается на все участки кольца. Если бы кольцо оставалось неподвижным, то давление передавалось бы все время только на нижний участок кольца, в котором могут образоваться трещины. При разборке машины во время периодических

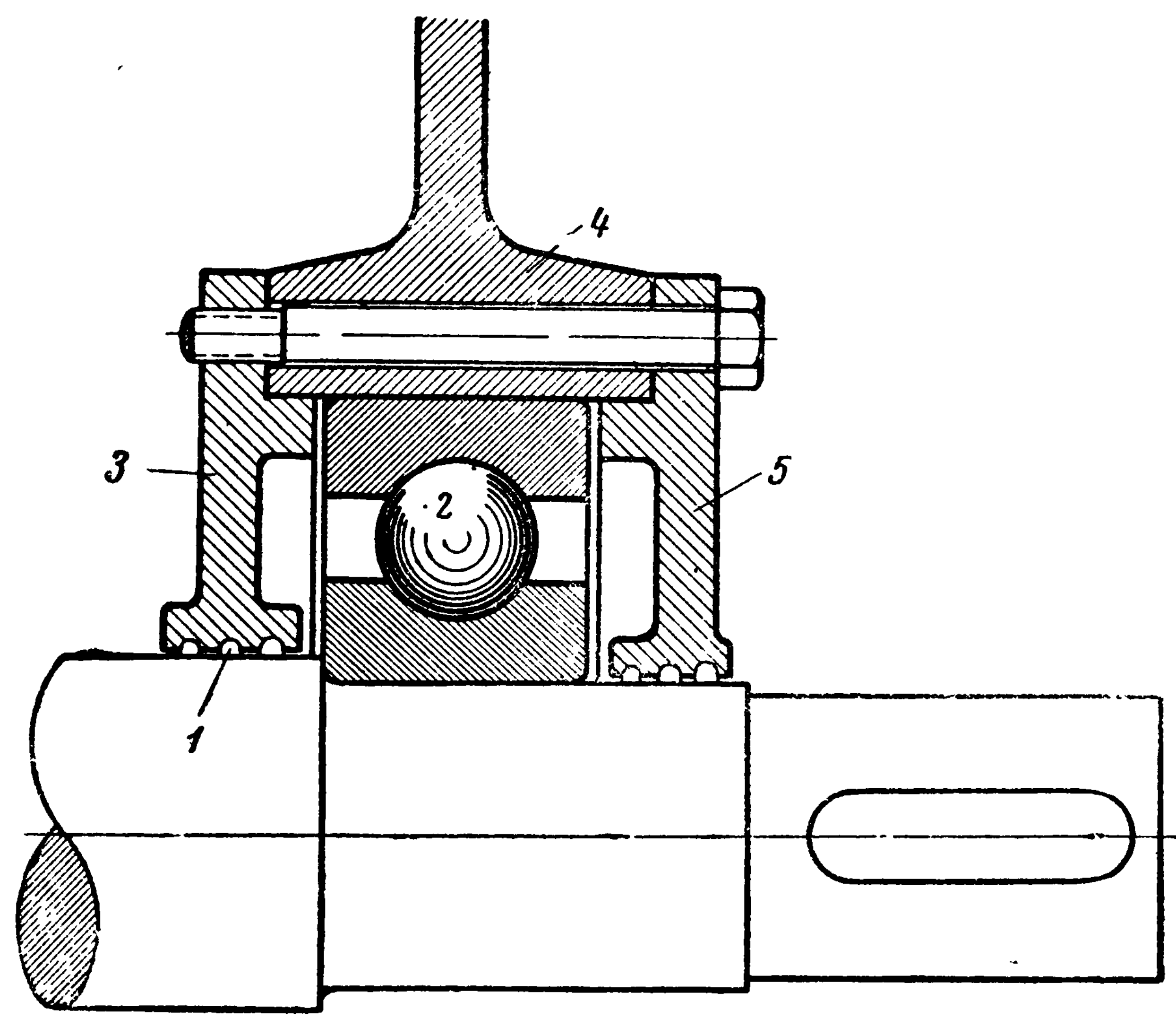



Рис. 33. Подшипниковый узел с шарикоподшипником

осмотров надо оставлять шарикоподшипник на валу, чтобы шейка вала не изнашивалась при снятии подшипника с вала. Поэтому подшипниковые узлы устроены так, чтобы можно было снять подшипниковый щит, не снимая с вала подшипник. Для этого отверстие в его головке сделано сквозным и закрыто со стороны машины приставной крышкой *3*, а снаружи крышкой *5*. Между крышками и валом остаются узкие щели шириной около 0,3 *мм*. В крышках проточены канавки *1* для защиты от вытекания смазки из камеры шарикоподшипника. Эти канавки заполняют при сборке машины густой смазкой, которая защищает подшипник от попадания в него пыли и грязи. Частички пыли оказывают очень вредное влияние на работу подшипников качения. Они царапают полированные поверхности колец и шариков, вследствие чего в подшипнике появляются при работе шум и стуки и он быстро выходит из строя. Поэтому при сборке подшипниковых узлов надо особенно следить за чистотой.

На рис. 34 показано устройство подшипника скольжения, встроенного в головку подшипникового щита *5*. Внутри головки подшипникового щита сделана расточка, в которую вставлена втулка подшипника *6*, укрепленная при помощи стопорного винта *3*. Втулка представляет собой чугунный стакан, внутренняя поверхность которого залита баббитом. На шейке вала свободно висит смазочное кольцо *11*, которое при вращении вала также начинает вращаться. Нижняя часть смазочного кольца погружена в масло, налитое в камеру подшипника. Масло прилипает к кольцу и подается им на верхнюю часть шейки вала. Оттуда масло стекает по шейке вала через прорезь во втулке и попадает в канавку *10*. По этой канавке масло растекается по длине втулки, попадает в узкую щель между шейкой вала и втулкой, которая образуется за счет зазора между ними. При этом шейка вала отделяется от поверхности втулки подшипника и трение между двумя металлами заменяется трением между шейкой вала и слоем масла, которое во много раз меньше. Поэтому при вращении вала не происходит сильного изнашивания трущихся поверхностей и значительно сокращается потеря энергии на трение. При вращении кольца свежее масло из нижней камеры непрерывно подается на шейку вала и оттуда стекает обратно в масляную камеру. Канавки *7*, которые через отверстия *9* сообщаются с масляной камерой, служат для предохранения от растекания масла вдоль вала. В нижней части масляной камеры имеется отверстие для спуска масла, закрытое пробкой *1*. Смазочное кольцо вкладывается в камеру подшипника через окно, закрытое крышкой *4* для предохранения от попадания пыли в камеру подшипника. В канавку *8* вложено войлочное кольцо, препятствующее попаданию внутрь машины масла, которое разъедает изоляцию обмоток и загрязняет машину. Крышка *2* защищает камеру подшипника от загрязнения.

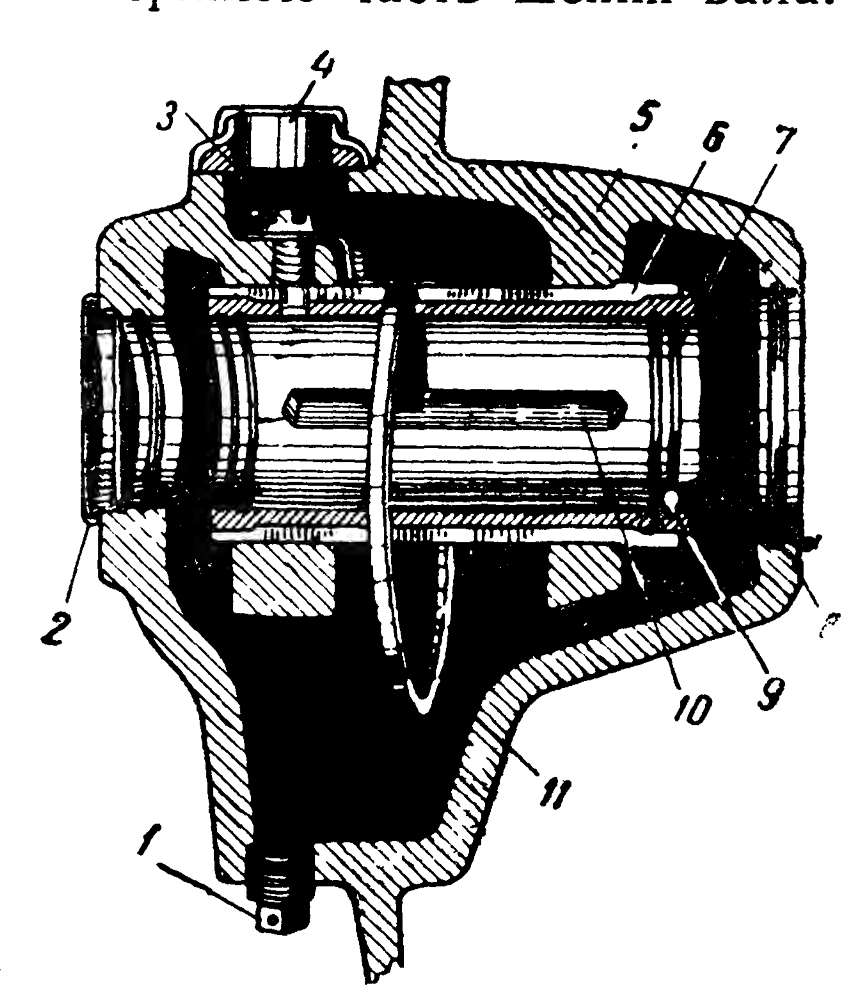


Рис. 34. Подшипник скольжения

На рис. 35 дана конструкция стоякового подшипника машины большой мощности. Для облегчения сборки и разборки машины головка подшипника сделана разъемной по горизонтальной плоскости *3*. Это позволяет вынимать ротор, не сдвигая стояков подшипников и не нарушая их положения на плите. Втулка подшипника *4* также сделана разъемной из двух половин, называе-

мых вкладышами. Для более прочного соединения с баббитовой заливкой расточка внутренней поверхности вкладышей выполнена в виде трапецеидальных канавок *5*, в которые заливают расплавленный баббит. Средняя часть наружной поверхности вкладыша *9* обточена по шаровой поверхности и опирается на расточку стояка подшипника, которая также имеет шаровую поверх-

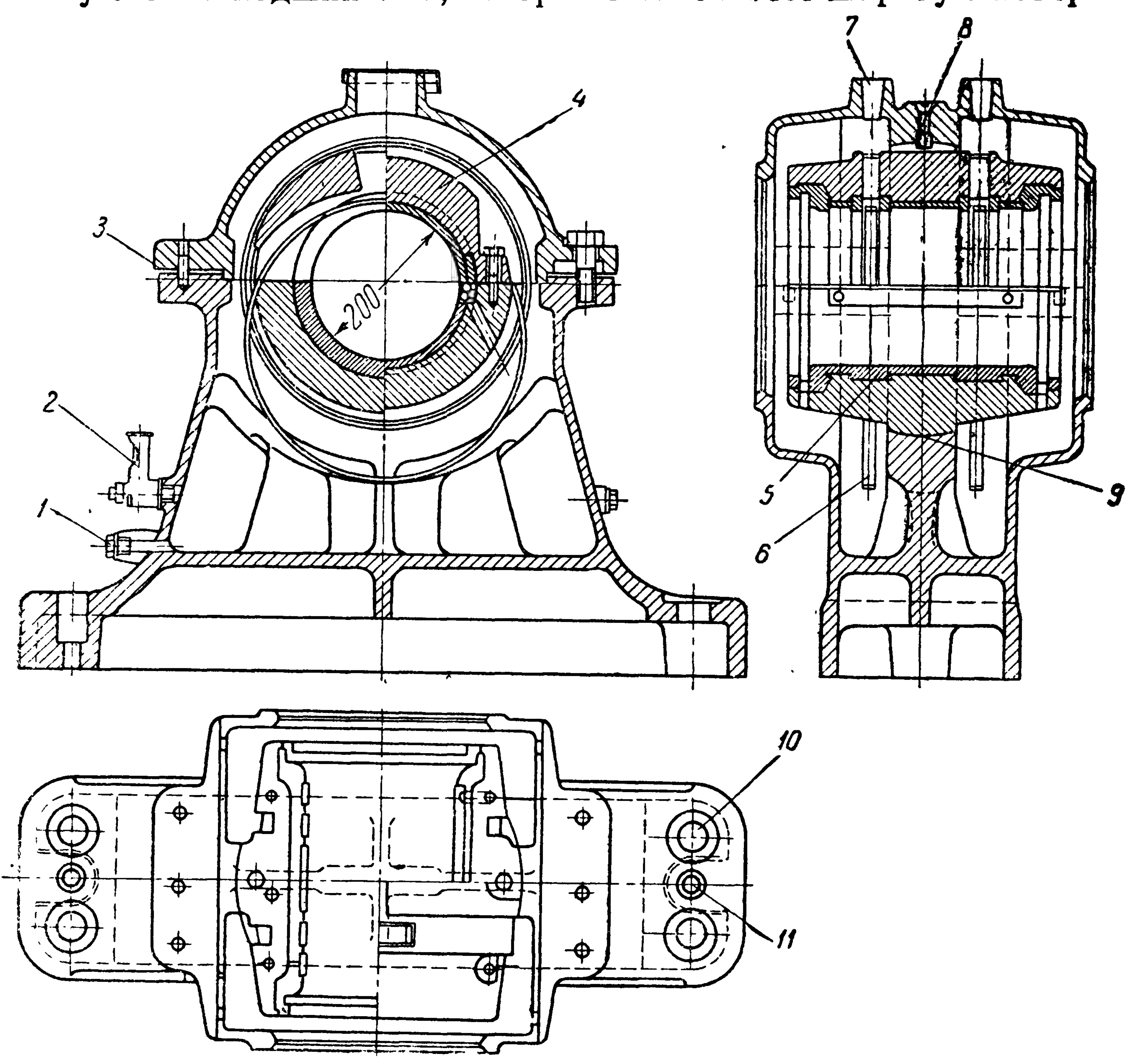



Рис. 35. Стояковый подшипник

ность. Благодаря этому вкладыши имеют возможность устанавливаться по направлению оси вала; такие подшипники называются самоустанавливающимися. В верхней половине вкладыша профрезерована канавка, в которую входит конец установочного винта *8*. Благодаря этому вкладыш не может провернуться в головке подшипника. При сборке надо следить за тем, чтобы вкладыш не туго зажимался в головке подшипника, так как иначе он не сможет самоустанавливаться по направлению оси вала.

Ввиду большой длины подшипника он имеет два смазочных кольца *6*. Во внутренней расточке верхней половины вкладыша

выточены канавки для смазочных колец. Наблюдают за работой колец и пополняют масло через два отверстия *7*, закрываемые крышками. На боковой поверхности стояка подшипника ввернут маслоуказатель *2*, при помощи которого контролируют уровень масла в камере подшипника. Отверстие, закрываемое пробкой *1*, используется при спуске масла. Для болтов крепления стояка в фундаментной плите просверлены отверстия *10*, между которыми расположены отверстия *11* меньшего диаметра. После окончательной установки стояков сквозь эти отверстия просверливают отверстия в плите и забивают в них контрольные штифты, которые фиксируют положение стояка на фундаментной плите. Таким образом, при повторной сборке машины отпадает необходимость снова регулировать положение стояков.

Подшипники скольжения всегда смазывают жидким маслом. Для быстроходных машин применяется веретенное масло З, для машин со средними скоростями вращения — машинное Л, а для тихоходных машин — машинное С или моторное М. Подшипники скольжения требуют ежедневного наблюдения за их работой и пополнения масла.

Правильная работа подшипника зависит от величины зазора между шейкой вала и втулкой подшипника. Чем больше диаметр шейки вала, тем больше должен быть зазор.

По нормалям завода «Электросила» для подшипников скольжения с диаметрами шеек вала $d$ от 100 до 500 *мм* двухсторонний зазор между шейкой вала и вкладышем определяется по формуле

$$\delta = 0{,}0006\, d + 0{,}12 \text{ мм}.$$

Например, при диаметре шейки вала $d = 200$ *мм* зазор между шейкой вала и вкладышем должен быть:

$$\delta = 0{,}0006 \times 200 + 0{,}12 = 0{,}24 \text{ мм}.$$

Подшипники скольжения должны иметь осевую игру ротора за счет того, что упорные бортики вала не доходят до втулок подшипника. Осевая игра улучшает смазку шеек вала и способствует более равномерному изнашиванию коллекторов и контактных колец щетками. Отсутствие осевой игры показывает, что бортик вала упирается в торец втулки подшипника. Это приводит к быстрому износу баббита. Осевая игра должна распределяться равномерно между двумя подшипниками, что можно проверить, нажимая поочередно на торцы вала при вращении ротора. Ротор должен подаваться при нажиме на каждый торец вала. Осевая игра ротора составляет 1,5—2 *мм* на одну сторону.

Чрезмерно большая осевая игра может повести к тому, что щетки будут свешиваться с контактных колец или щеткодержа-

тели будут задевать за петушки коллектора. Уменьшение осевой игры производят посредством передвигания втулок подшипников внутрь машины, а при стояковых подшипниках — посредством передвигания стояка в сторону станины.

## § 4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБМОТКАХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Обмотки машин переменного тока разделяются на неподвижные обмотки статора и вращающиеся обмотки ротора. Наибольшее распространение получили двухслойные обмотки, у которых катушки (рис. 36) вставляются в пазы так, что одна сторона *1* катушки занимает верхнюю половину паза, а другая сторона *2* — нижнюю половину. Катушки обмоток крупных машин наматывают из проводников прямоугольного сечения, изолируют и пропитывают в изоляционных лаках до укладки обмоток в пазы. Чтобы обмотка держалась в пазах, в канавки на стенках пазов забивают деревянные клинья. Части *3* катушек, соединяющие пазовые стороны катушек, называются лобовыми частями обмотки. Они должны быть надежно укреплены, так как при протекании тока по проводникам между ними возникают большие усилия.

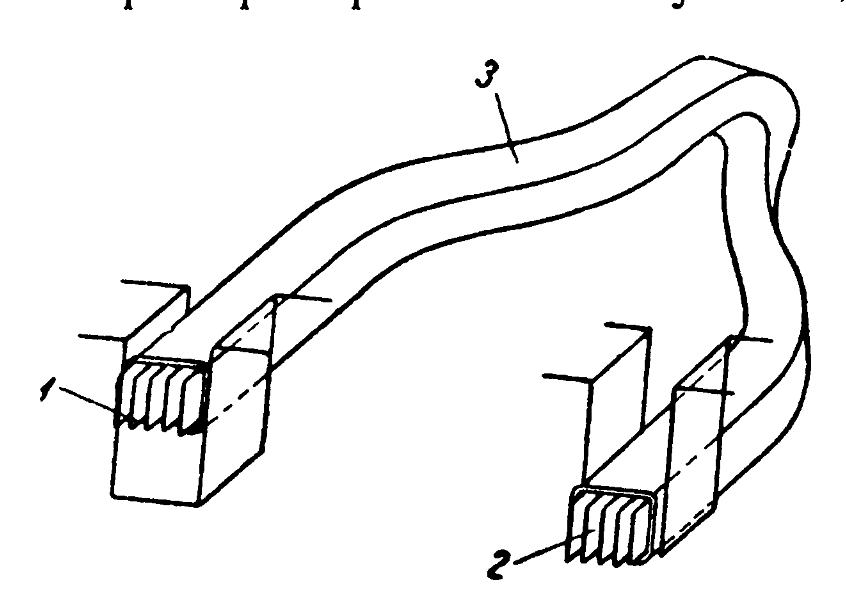


Рис. 36. Катушка двухслойной обмотки

Для машин переменного тока мощностью до 100 *квт* при напряжении до 500 *в* применяется полузакрытая форма пазов (рис. 37). Очевидно, что в такие пазы нельзя вложить изолированные катушки, поэтому проводники обмотки вставляются по одному в щель паза, отчего обмотки получили название всыпных. Изоляция обмотки от зубцов статора осуществляется гильзами, состоящими из электрокартона и лакоткани, которые вставляются в пазы до укладки обмотки. Сначала одна сторона катушки заполняет нижнюю половину паза, затем в паз вставляется изоляционная прокладка и всыпается обмотка

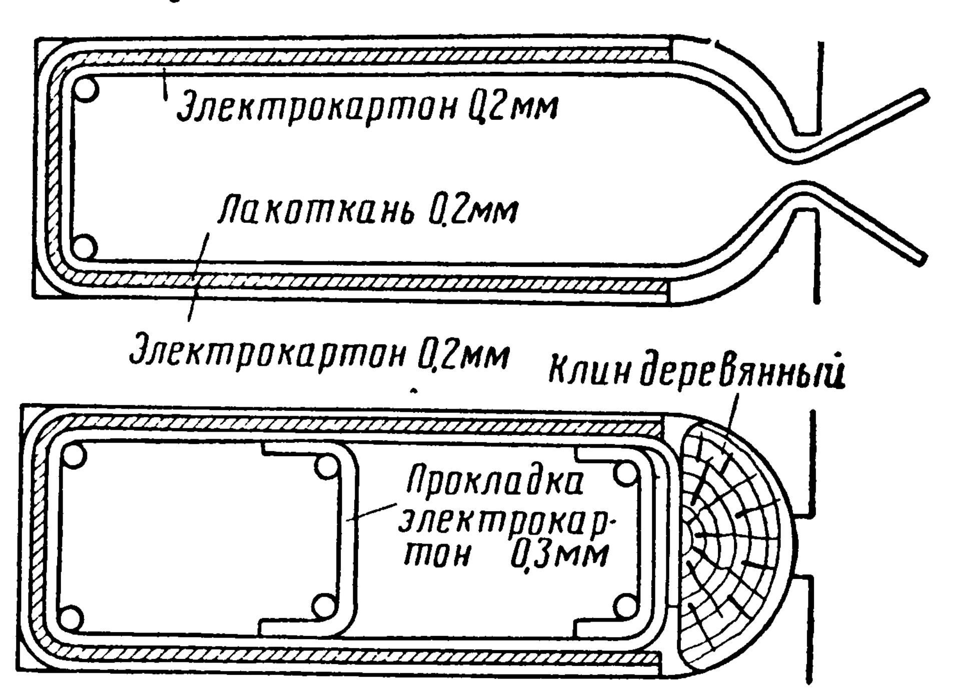


Рис. 37. Паз для всыпной обмотки

второй катушки. Когда все проводники уложены в паз, края гильз загибают и пазы закрывают деревянными клиньями. Лобовые части всыпных обмоток переплетают полотняной лентой. Изоляционные материалы в непропитанном виде обладают плохими изоляционными свойствами, так как они впитывают влагу из воздуха. Поэтому обмотанные статоры погружают в специальные баки, в которых они пропитываются изоляционными лаками, а затем просушиваются в сушильных печах.

Обмотки ротора подвергаются действию центробежных сил, которые стремятся выбросить катушки обмоток из пазов. Центробежная сила растет пропорционально квадрату скорости

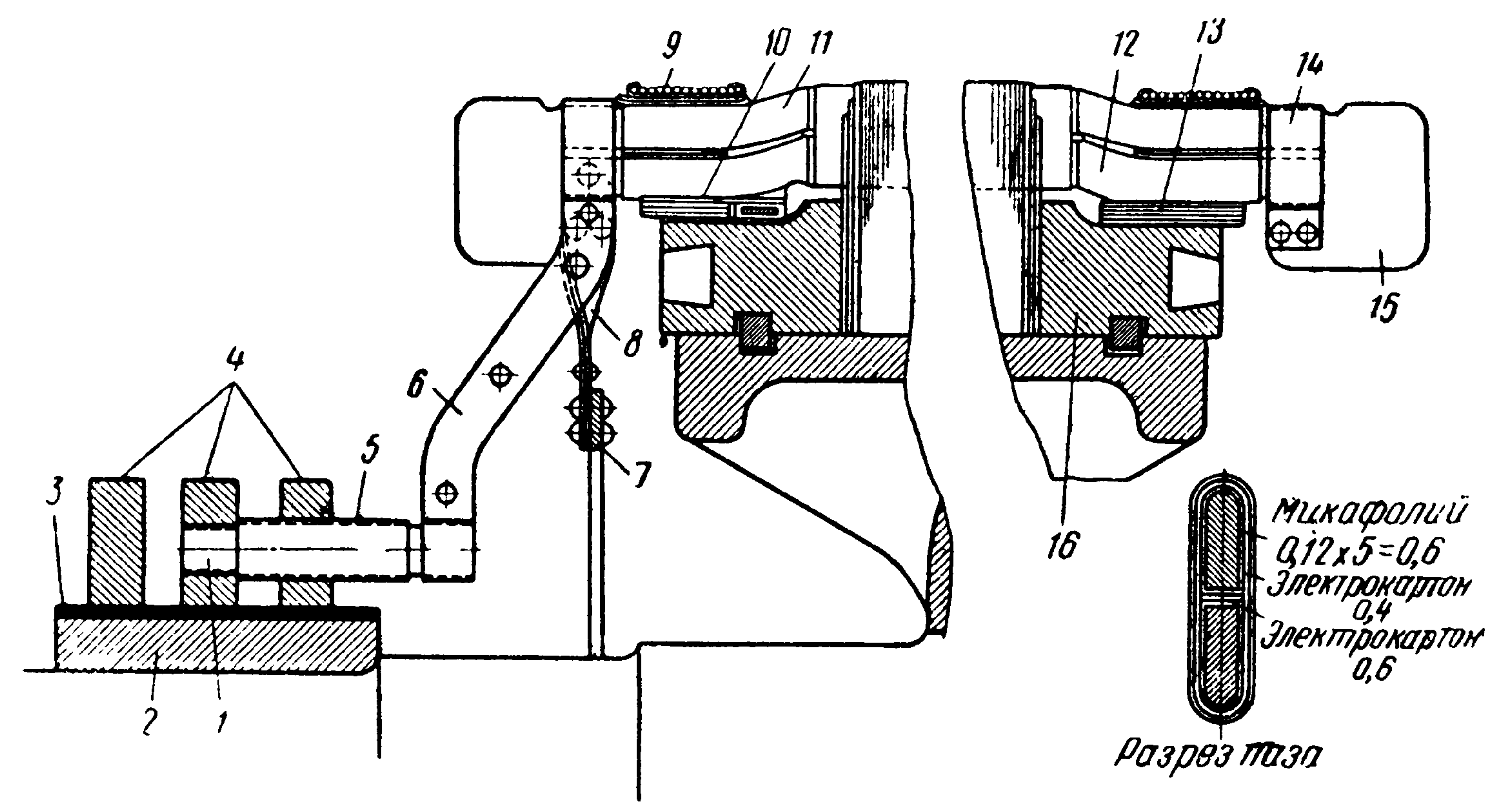



Рис. 38. Стержневая обмотка ротора

вращения ротора. Так, например, при диаметре ротора 0,5 *м* и числе оборотов 1000 в минуту центробежная сила в 250 раз больше веса обмотки. При скорости вращения 2000 об/мин центробежная сила увеличится в четыре раза и каждый килограмм веса обмотки будет создавать центробежную силу в 1 *т*. Наибольших значений достигает центробежная сила в роторах турбогенераторов при скорости вращения 3000 об/мин. Прочность деревянных клиньев становится уже недостаточной, поэтому в пазы ротора забивают металлические клинья из дюралюминия или бронзы. Обмотки ротора асинхронных двигателей (рис. 38) заклинивают в пазах деревянными клиньями, а на лобовые части наматывают бандажи *9* из стальной проволоки. На рисунке показана стержневая обмотка ротора, стержни *11* и *12* которой забивают в закрытые пазы с торца ротора. Затем лобовые части стержней выгибают согласно схеме обмотки и соединяют медными хомутиками *14* попарно. Для пропайки соединений стержней верхнего *11* и нижнего *12* ряда ротор погружают в ванну кольцевой формы с расплавленным оловянно-свинцовым припоем. Часть хомутиков сделана с вентиляционными крыльями *15*, которые служат для охлаждения машины при

вращении ротора. К трем стержням верхнего слоя при помощи пластинок *8* присоединяется кольцо *7*, служащее для замыкания концов фаз обмотки в звезду. Обмотка соединяется с контактными кольцами при помощи трех медных шин *6*. Лобовые части обмотки опираются на чугунные кольца *16*, которые называются обмоткодержателями. До укладки стержней в пазы обмоткодержатели изолируют путем наматывания на них полос *10* и *13* из электрокартона или миканита, скрепляемых киперной лентой.

Обмотки ротора тихоходных синхронных машин в отличие от других обмоток не укладывают в пазы ротора, а наматывают в виде катушек (рис. 39). Катушки *3* надевают на полюса *4*, прикрепляемые к ободу ротора болтами или специальными выступами *1* в форме молотка. В промежуток между пазом в ободе

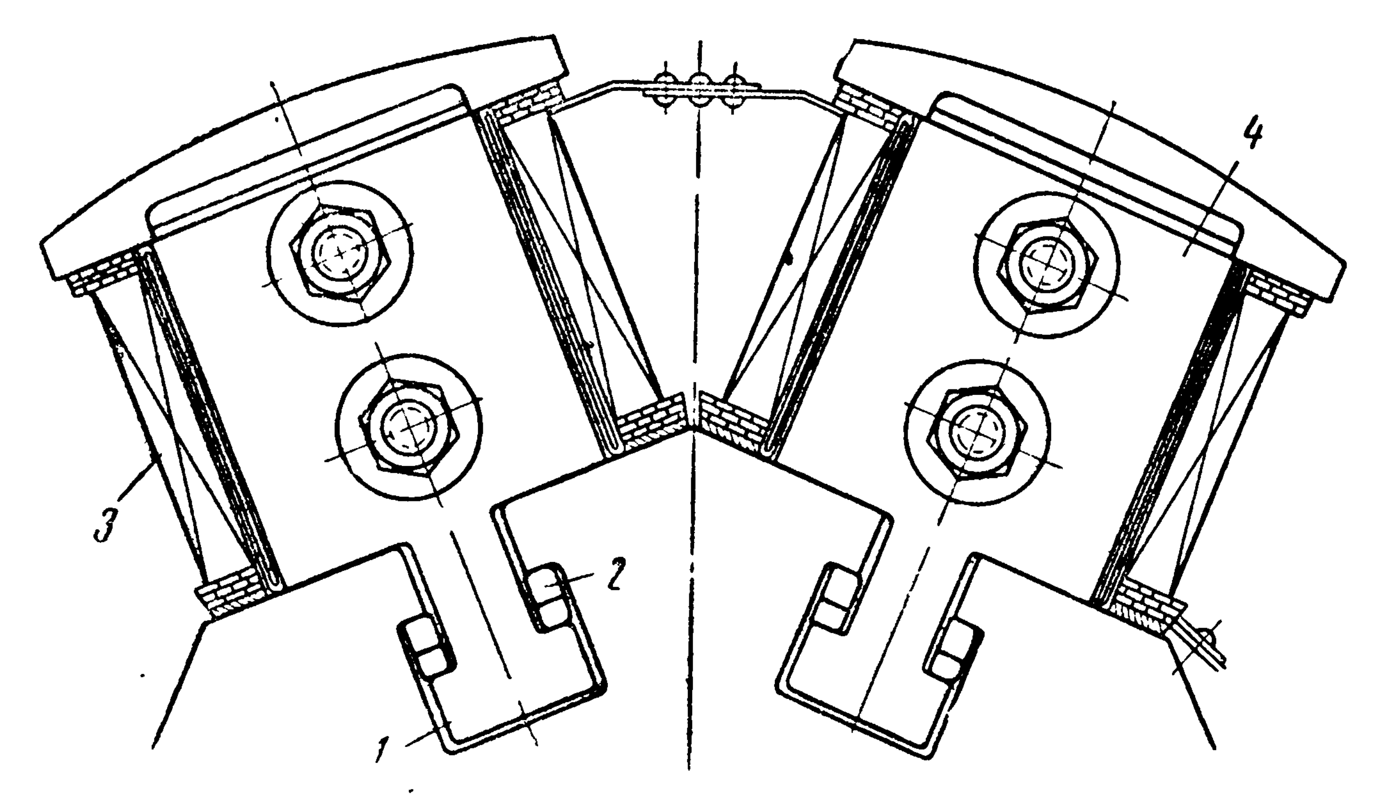



Рис. 39. Полюс синхронной машины с катушкой

ротора и выступом полюса забивают два клина *2*, обращенные узкими сторонами в противоположные стороны. Эти клинья притягивают полюс к ободу ротора.

В полюсных наконечниках тихоходных синхронных машин иногда выштамповывают круглые пазы и забивают в них медные стержни, которые замыкаются с обеих сторон ротора медными кольцами и носят название успокоительных или демпферных обмоток. В генераторах они служат для уменьшения колебаний напряжения при резких изменениях нагрузки в отдельных фазах, а в двигателях — для улучшения условий пуска двигателя. Поэтому в двигателях эти обмотки получили название пусковых обмоток.

## § 5. КОНТАКТНЫЕ КОЛЬЦА И ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛИ

Контактные кольца служат для соединения обмотки ротора с неподвижными зажимами машины. Синхронные машины имеют два контактных кольца, через которые подводится постоянный ток к обмотке возбуждения, расположенной на ро-

торе. В асинхронных двигателях с фазным ротором на вал надевают три кольца, через которые в обмотку ротора включают пусковые сопротивления. После того как ротор развернулся до номинальной скорости вращения, эти сопротивления выключаются и обмотка ротора замыкается накоротко.

На рис. 38 показана конструкция контактных колец асинхронного электродвигателя. Стальная втулка *2* обернута миканитом *3*, который опрессовывается в специальном хомуте и запекается в печи. На миканит в горячем состоянии напрессованы контактные кольца *4*, которые ранее всегда изготовлялись из бронзы. В машинах новых типов их заменили чугунными или стальными. Для соединения обмотки с контактными кольцами служат шпильки *1*. Каждая шпилька сварена с одним из колец и изолирована от других при помощи изоляционных трубочек *5*. Втулку контактных колец напрессовывают на вал с прессовой посадкой.

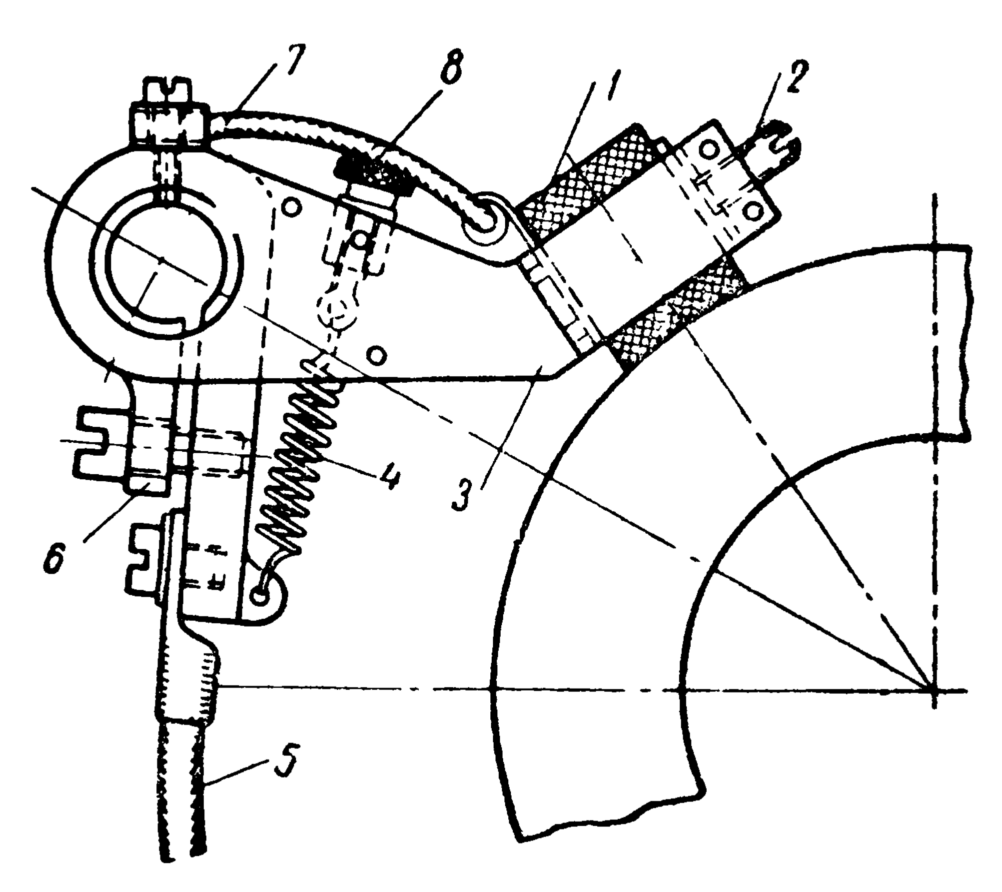


Рис. 40. Щеткодержатель машин переменного тока

Щеткодержатель машин переменного тока изображен на рис. 40.

К поверхности контактных колец прилегают щетки *1*, которые зажимаются в гнездах обойм при помощи винтов *2* на конце рычага *3*. Этот рычаг вращается вокруг хомутика *6*, зажатого на пальце щеткодержателя, и прижимается к контактному кольцу при помощи пружины *4*. Усилие пружины регулируют при помощи гайки *8*. Ток от щетки передается по гибкому кабелю *7* к хомутику *6*, а от него через кабель *5* отводится на зажимы. Поворотный рычаг *3* щеткодержателя состоит из двух штампованных пластинок, соединенных между собой при помощи перегородок. Ввиду того что щеткодержатели разных колец сидят на общем пальце, он должен быть изолирован при помощи опрессовки его миканитом или бакелитовой бумагой. Бакелитовая бумага навертывается на палец в несколько слоев до получения требуемой толщины, а затем опрессовывается и спекается. Для предупреждения замыкания между соседними щеткодержателями их разделяют изоляционными шайбами.

Включение реостата в обмотку ротора при пуске снижает пусковой ток и увеличивает пусковой момент. Когда ротор раз-

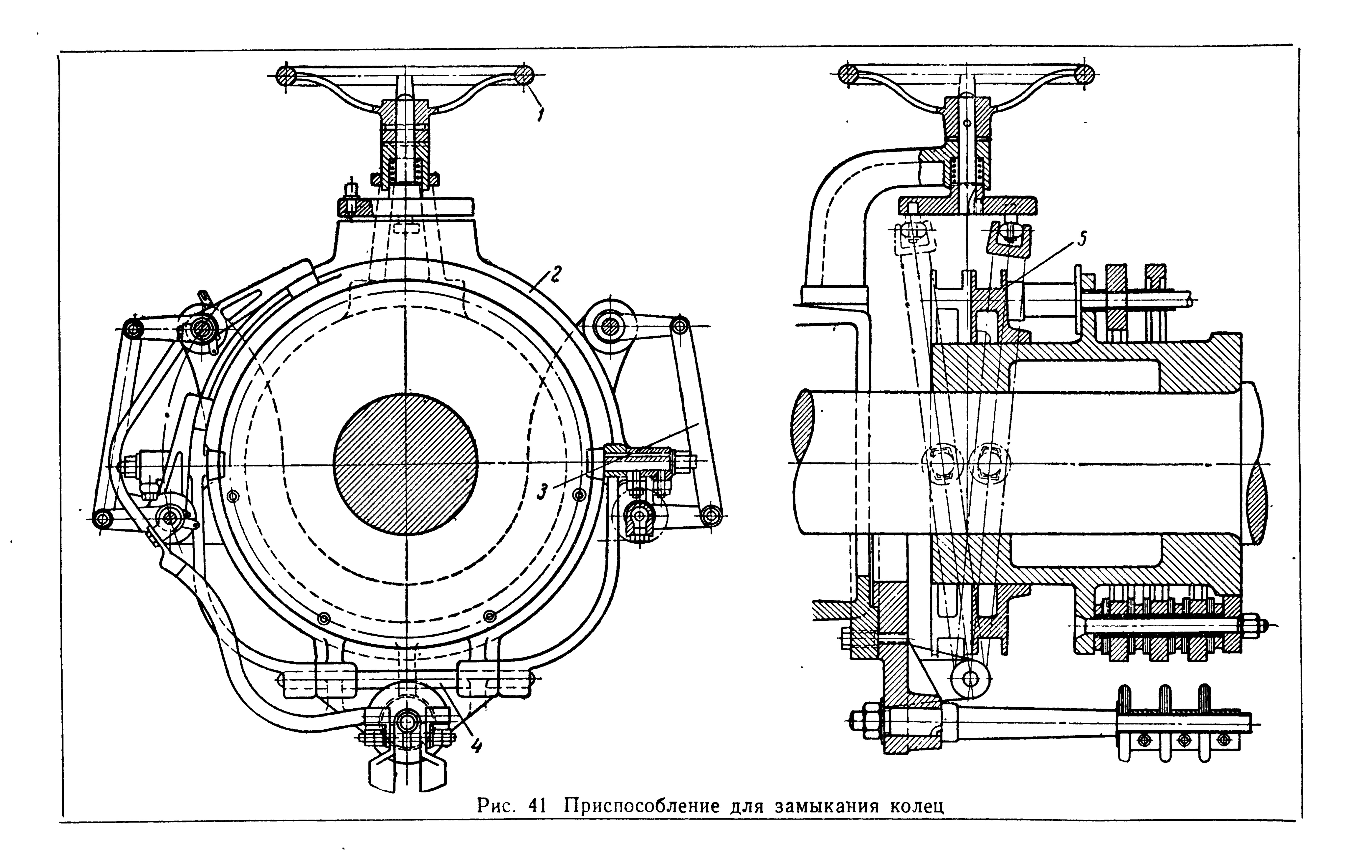


Рис. 41 Приспособление для замыкания колец

вернется до номинальной скорости вращения, пусковое сопротивление будет ненужным. В нем только бесполезно будет затрачиваться энергия на нагревание. Поэтому после пуска сопротивление отключают, а обмотку ротора замыкают накоротко. Для этого в некоторых типах двигателей существует специальное приспособление для замыкания контактных колец. Ввиду того что после замыкания ток уже не будет идти через щетки, они бесполезно изнашиваются вследствие трения о контактные кольца. Поэтому одновременно с замыканием колец приспособление поднимает щетки с поверхности колец.

Конструктивное устройство приспособления представлено на рис. 41. Замыкание колец производится при помощи передвижного кольца *5*, контакты которого замыкаются с контактами, выведенными от колец. Кольцо *5* передвигается при помощи ухватика *2*, который вращается вокруг оси *4* и приводится в действие поворотом маховичка *1*. Одновременно с замыканием колец при помощи рычажного механизма *3* производится подъем щеткодержателей над кольцами. Перед пуском двигателя кольца должны быть разомкнуты, а щетки опущены, что производится вращением того же маховичка в обратную сторону.

Пользоваться приспособлением для замыкания колец и подъема щеток невозможно, если ряд двигателей управляется с одного командного пункта. Поэтому новые серии асинхронных двигателей малой и средней мощности выпускаются заводами без приспособления для замыкания, а с постоянно налегающими щетками.

## § 6. АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Асинхронные электродвигатели являются наиболее распространенными и находят применение в промышленном электроприводе. Это объясняется тем, что асинхронные двигатели просты по устройству и работают от сети трехфазного тока. Один и тот же двигатель может работать от сети напряжением 220 *в*, если фазы обмотки статора соединены треугольником, и от сети напряжением 380 *в*, если переключить их на звезду.

Асинхронные двигатели строятся в двух исполнениях — с короткозамкнутым ротором и с фазным ротором (с контактными кольцами). Двигатели с короткозамкнутым ротором — это самые простые двигатели по устройству и обслуживанию, так как они не имеют щеток. Эти двигатели включаются в сеть трехфазного тока непосредственно без всяких дополнительных пусковых устройств. При пуске двигателя он потребляет из сети ток, который в 5—7 раз превышает рабочий ток двигателя. Поэтому раньше двигатели с короткозамкнутым ротором применялись только мощностью до 100 *квт*. В настоящее время мощности энергетических систем возросли настолько, что могут выдержи-

вать пусковые токи короткозамкнутых двигателей мощностью в несколько тысяч *квт*. Ввиду этого двигатели с короткозамкнутым ротором имеют наибольшее распространение, а двигатели с фазным ротором применяются только в тех случаях, когда необходимо регулировать скорость вращения асинхронного двигателя посредством включения реостата в цепь ротора или же мощность системы не позволяет включать короткозамкнутый электродвигатель большой мощности из-за чрезмерного падения напряжения при пуске.

Электрические машины изготовляются на заводах сериями. Серия — это ряд машин различной мощности, имеющих одинаковое устройство. При проектировании серии машин стремятся достигнуть наибольшей унификации деталей. С этой целью проектируют несколько машин разной мощности с одинаковым диаметром статора, но с разными длинами статора и ротора. Это позволяет строить несколько машин с одинаковыми подшипниковыми щитами, нажимными шайбами ротора и статора. Для штамповки листов сердечников используется один и тот же штамп. Серийное производство дает возможность значительно повысить производительность труда и снизить затраты на изготовление технологической оснастки производства, т. е. моделей для литых деталей, штампов для листов статора и ротора, приспособлений для обработки измерительных и режущих инструментов.

Асинхронные электродвигатели мощностью от 1 до 100 *квт* являются наиболее распространенными. Эти двигатели стоят на металлорежущих станках, прессах, компрессорах и других механизмах. До 1951 г. электромашиностроительные заводы Советского Союза выпускали девять серий асинхронных электродвигателей, которые были спроектированы на разных заводах и имели при одинаковой мощности разные размеры. При замене двигателя, изготовленного одним заводом, двигателем другого завода приходилось переделывать монтажные площадки, на которых они устанавливаются. Это создавало большие неудобства и требовало значительных затрат при установке двигателей. Поэтому с 1951 г. эти серии были заменены новой серией асинхронных электродвигателей, которая получила название единой серии. Замена старых серий единой серией позволила увеличить выпуск двигателей на тех же производственных площадях. Теперь замена двигателя не требует никаких переделок монтажных площадок. Упростился и ремонт двигателей, так как резко сократилась номенклатура запасных частей.

Электродвигатели единой серии выпускаются в двух основных исполнениях. Двигатели А имеют защищенное исполнение, а двигатели АО — закрытое обдуваемое исполнение. Двигатели закрытого исполнения устанавливают в помещениях с большим содержанием пыли, которая может засорить обмотки двигателя.

На рис. 42 показано устройство двигателя единой серии А. В чугунную станину *8* впрессован статор *9*, собранный из штампованных листов. В полузакрытые пазы статора вложена всыпная обмотка *3* из проводников круглого сечения. В двигателях малой мощности статоры собирают, прессуют, обматывают и пропитывают в изоляционных лаках, а затем в готовом виде впрессовывают в станину. Двигатели большой мощности обматывают после запрессовки статора в станину. Ротор *2* двигателя имеет короткозамкнутую обмотку, отлитую из алюминия. Расплавленный алюминий заливают в пазы ротора на специальном станке. Одновременно с обмоткой отливают и вентиляционные крылья *4* с обоих торцов ротора. При вращении ротора воздух засасывается в отверстия в подшипниковых щитах *6*, обдувает обмотку статора и выбрасывается в боковые окна в станине. По способу защиты этот двигатель является брызгозащищенным, так как капли воды, падающие под углом 45° с любой стороны, не могут попасть внутрь двигателя. Ротор с залитой обмоткой напрессовывают на рифленую поверхность вала *1*. На шейки вала насажены шарикоподшипники, закрытые с обеих сторон крышками *5*. Между бортиками крышек и шарикоподшипниками оставлены зазоры, которые позволяют валу удлиняться при нагревании. Зазоры у обоих шарикоподшипников дают возможность сделать подшипниковые щиты и крышки подшипников с обеих сторон совершенно одинаковыми. Выводы от обмотки статора выполнены без контактных болтов при помощи гибких кабелей *11*, припаянных к обмотке. Шесть выводов позволяют произвести соединение фаз обмотки или в звезду (при напряжении сети 380 *в*) или в треугольник (при напряжении сети 220 *в*). Выводные концы защищены от механических повреждений крышкой *10*. Для подъема двигателя имеется кольцо *7*, ввернутое в станину.

Устройство двигателя АО дано на рис. 43. Это двигатель закрытого типа обдуваемый, поэтому его подшипниковые щиты и станина не имеют окон для забора и выброса воздуха. Ротор имеет такие же крылья, как и у двигателя защищенного исполнения, но они служат лишь для перемешивания нагретого воздуха внутри двигателя через каналы в роторе и через каналы в станине. Таким образом, воздух внутри двигателя при вращении ротора находится в движении, что мешает одним частям двигателя нагреваться больше, чем другим. Тепло, выделяемое двигателем, отводится к стенкам станины. Снаружи станина имеет продольные ребра *2*, через которые вентилятором *4* продувается холодный воздух. Этот воздух засасывается через отверстия *6* в защитном кожухе *3* из листовой стали. Вентилятор *4* отлит из алюминия. Для прочного соединения его с валом имеется стальная втулка *5*, которая вставляется в форму при отливке вентилятора. У этого двигателя один подшипник шариковый, а другой роликовый. Оба подшипника имеют одинаковые

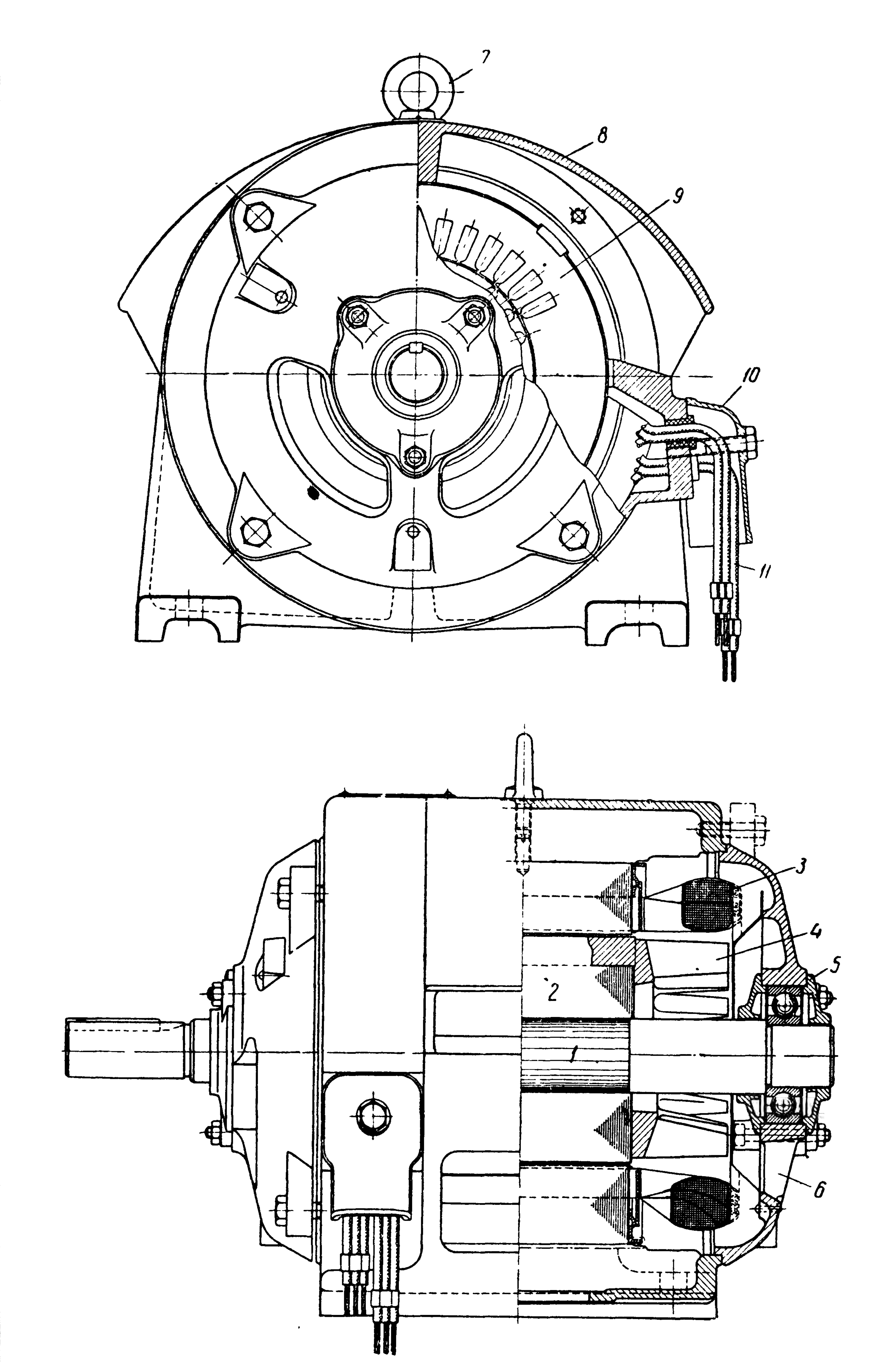



Рис. 42. Асинхронный двигатель единой серии типа А

наружные размеры, что позволяет сделать оба подшипниковых щита одинаковыми. Роликовый подшипник может выдерживать большие нагрузки, поэтому он ставится со стороны выведенного конца вала. В подшипниковом щите сделано отверстие, закрытое заглушкой *1*. Через это отверстие при помощи щупа проверяется зазор между статором и ротором.

На рис. 44 представлена конструкция асинхронного двигателя с контактными кольцами ФАМСО мощностью 500 *квт*.

Чтобы увеличить поверхность охлаждения, статор и ротор этого двигателя собраны из отдельных пакетов, между которыми

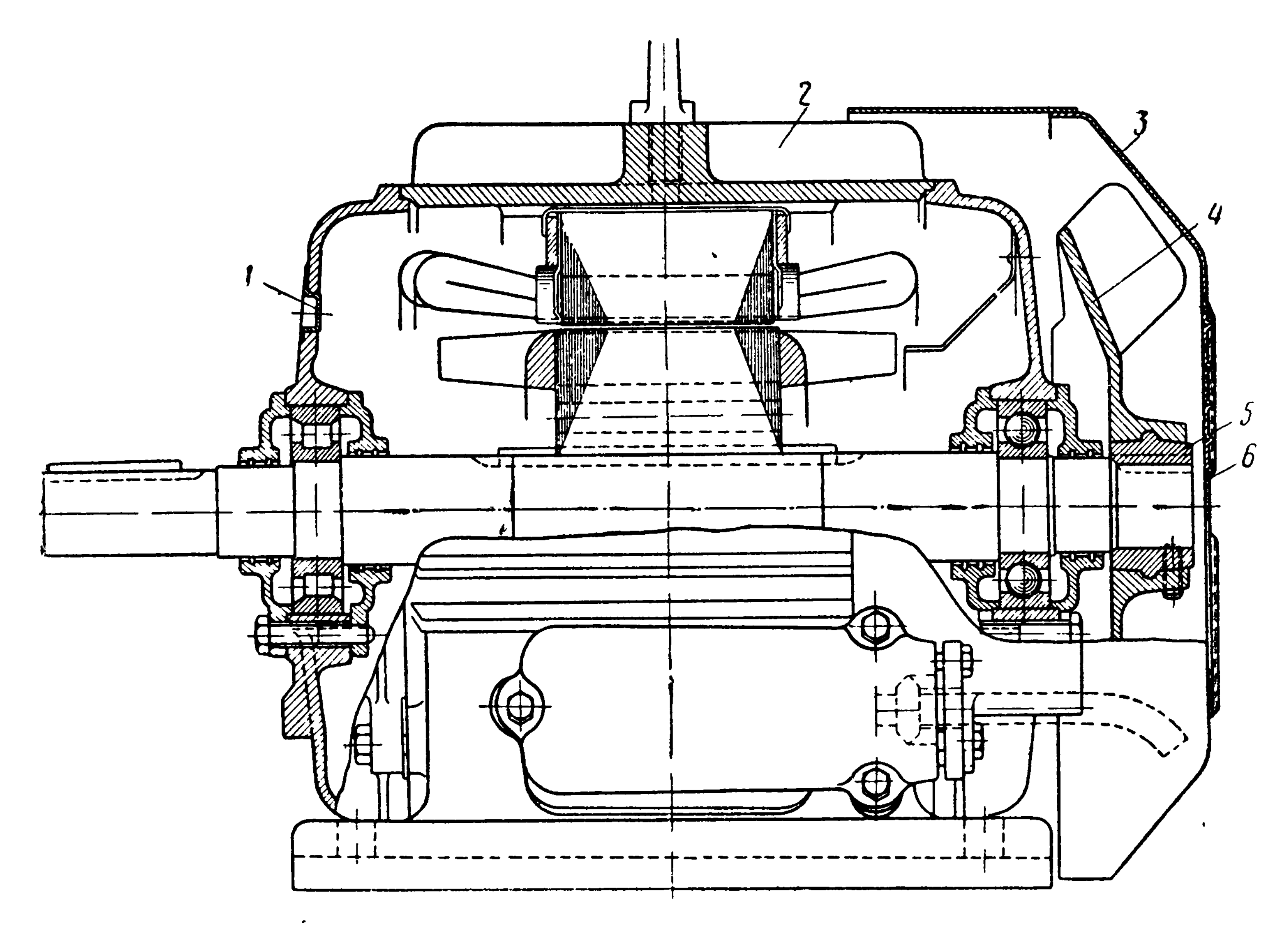



Рис. 43. Асинхронный двигатель единой серии типа АО

остаются вентиляционные каналы для охлаждающего воздуха. Каналы образуются при помощи радиальных распорок между пакетами. Распорки ротора выполняют роль крыльев вентилятора. Для охлаждения лобовых частей обмотки на роторе укреплены крылья *11*, приваренные к хомутикам, соединяющим концы стержней обмотки ротора. Охлаждающий воздух забирается через окна в нижней половине станины и подшипниковых щитов, которые закрыты решетками. Направление воздуха к крыльям ротора создают воронки *3* из листовой стали, которые называют диффузорами.

Листы ротора собираются на втулку, которая состоит из двух колец *19*, напрессованных на вал с приваренными к ним радиальными ребрами *17* из толстой листовой стали. Для увели-

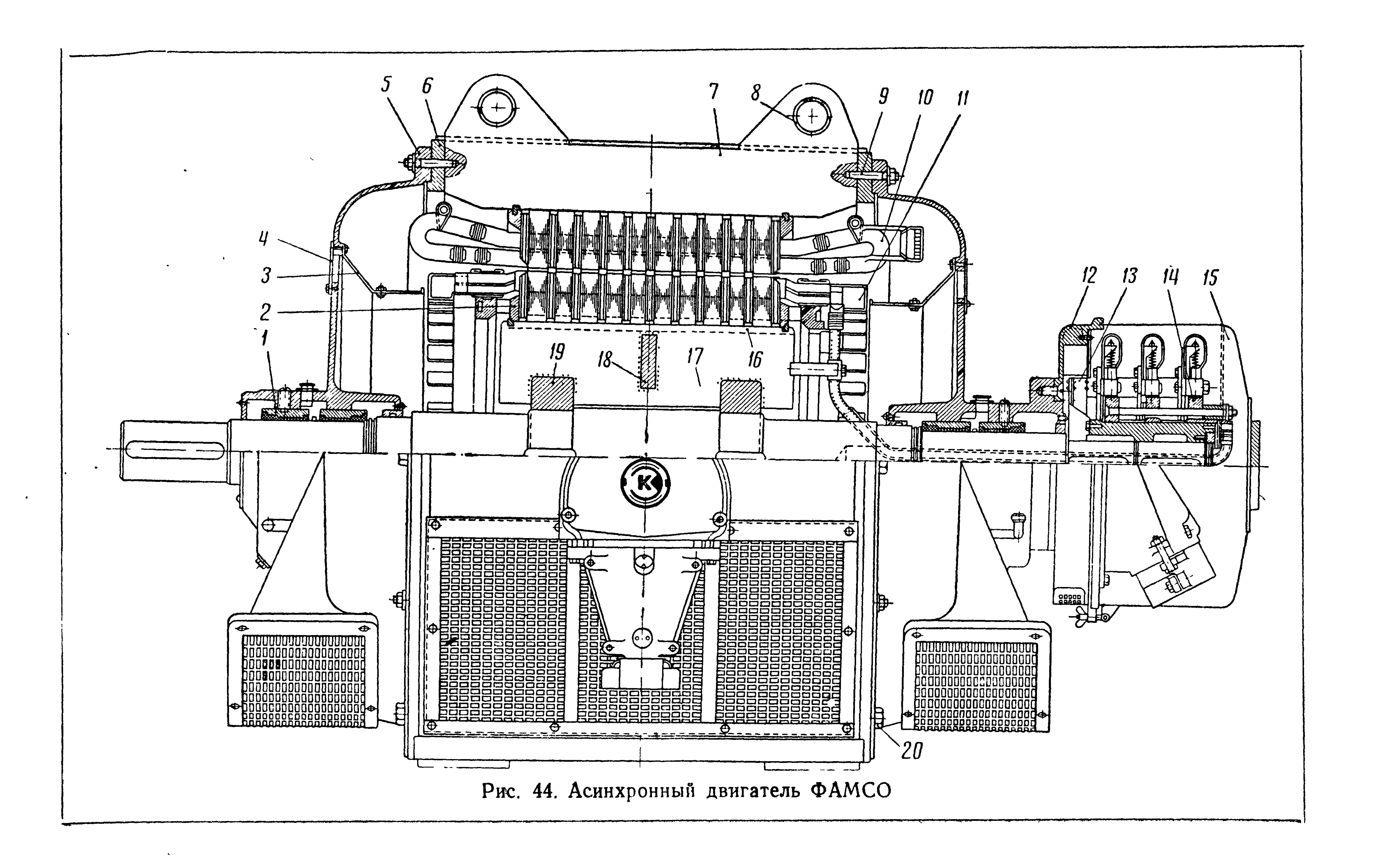



Рис. 44. Асинхронный двигатель ФАМСО

чения жесткости между ребрами вварены поперечины *18*. В одном из ребер прострогана канавка, в которую вложена шпонка *16*, служащая для предохранения пакетов ротора от проворачивания на втулке. Пакеты ротора спрессованы между двумя нажимными шайбами *2*, которые запираются на втулке поперечными шпонками. Заодно с нажимными шайбами отлиты кольца, на которые опираются лобовые части обмотки ротора. В них проточены канавки для укрепления балансировочных грузов. Обмотка ротора состоит из стержней, соединяемых на торцах при помощи напаянных хомутиков. Выводы обмотки ротора присоединены к контактным кольцам *14* при помощи проводов, пропущенных через отверстие, высверленное в валу. Над контактными кольцами стоят щеткодержатели, укрепленные на осях, которые установлены на чашке *12*, привернутой к подшипниковому щиту. Щеткодержатели закрыты колпаком *15* из листовой стали. Вентилятор *13* служит для охлаждения контактных колец. Расположение контактных колец на конце вала за пределами машины облегчает их обслуживание и защищает внутреннее пространство машины от загрязнения угольной пылью. Щеткодержатели присоединяют к пусковому реостату при помощи гибких проводов.

Станина двигателя — сварная. Она состоит из продольных ребер *7*, приваренных по торцам к двум кольцам *6*. Снаружи станина обшита листовой сталью. Подъемные ушки *8* вырезаны автогеном заодно с верхним ребром. В пазы статора вложены катушки обмотки *10*. Лобовые части катушек привязаны бечевкой к бандажным кольцам для защиты от сдвигов вследствие взаимодействия между проводниками при протекании через них тока. Выводные концы обмотки для соединения с линией трехфазного тока пропущены через уплотнение коробки выводов, расположенной на боковой стороне станины.

Ротор вращается в подшипниках скольжения, устройство которых было описано выше. Втулки подшипника *1* вставлены в расточки подшипниковых щитов *5* и закреплены от смещения стопорными винтами. Подшипниковые щиты имеют выточки на наружном ободе, которыми они центрируются на кольцевых заточках колец станины *6*. Между заточками имеются зазоры несколько меньшие, чем зазор между статором и ротором. Регулировка зазора производится при сборке, после чего затягивают болты *20*, крепящие подшипниковые щиты к станине. Чтобы предохранить подшипниковые щиты от сдвигов, засверливают конические отверстия и забивают в них штифты *9* по три с каждого торца.

Гайки служат для вытаскивания штифтов при разборке машины. Для проверки зазора между статором и ротором при помощи щупов в подшипниковых щитах имеются отверстия, закрытые заглушками *4*.

## § 7. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И ВЫПРЯМИТЕЛИ

Переменный ток легко можно преобразовать из одного напряжения в другое при помощи трансформатора. Но часто требуется получить постоянный ток. Он нужен для питания ванн, в которых производится гальваническое покрытие деталей, для зарядки аккумуляторов, для электрической сварки на постоянном токе. Наконец постоянный ток необходим для питания электродвигателей постоянного тока, которые применяются на промышленных предприятиях в качестве крановых двигателей и на транспорте в качестве тяговых двигателей электровозов, пригородных железных дорог, трамваев, троллейбусов и поездов метро. При современной разветвленной сети трехфазного тока нецелесообразно строить специальные электрические станции постоянного тока с тепловыми первичными двигателями. Выгоднее преобразовывать переменный ток в постоянный. Это можно сделать различными способами.

Вначале для этой цели пользовались исключительно установками, состоящими из двух машин: двигателя трехфазного тока и генератора постоянного тока. Такие установки называются двигатель-генераторами. Для пуска в ход двигателя надо соединить его с трехфазной сетью посредством пускового устройства. Затем при помощи реостата повышают ток в цепи возбуждения генератора до тех пор, пока вольтметр не покажет требуемое напряжение. При нагрузке генератора напряжение на зажимах понижается. Поддерживать напряжение постоянным можно реостатом, выводя часть сопротивления и следя за показанием вольтметра.

Двигатель-генератор не удобен в эксплуатации, так как требует постоянного наблюдения и ухода. Кроме того, вращающиеся машины производят шум. Коэффициент полезного действия двигатель-генератора невысок. Его можно определить, умножив к. п. д. двигателя на к. п. д. генератора.

Значительные преимущества перед двигатель-генератором имеет ртутный выпрямитель, который занимает меньше места, не производит шума, не требует специального фундамента, прост по уходу и обслуживанию, дешевле и обладает более высоким к. п. д. На рис. 45 показана схема ртутного выпрямителя однофазного тока со стеклянной колбой. Из колбы выкачан воздух и в нее впаяны два главных металлических анода $A_1$ и $A_2$ и два анода возбуждения $A_в$. Катодом $K$ служит ртуть, налитая в нижнюю часть колбы и соединенная с внешней цепью при помощи впаянного электрода. Во время работы выпрямителя загорается дуга между катодом и анодами $A_1$ и $A_2$. Аноды подключены к вторичной обмотке трансформатора $T$. При изменениях переменного тока поток электронов направляется то к одному, то к другому аноду. Постоянный ток берется от зажи-

мов плюс и минус. Для смягчения пульсаций выпрямленного тока служит реактивная катушка *Д*.

Для пуска в ход выпрямителя надо зажечь дугу между ртутным катодом и главными анодами. С этой целью используют заполненный ртутью отросток $A_з$ с впаянным в него электродом. Чтобы зажечь дугу, надо включить под напряжение трансформа-

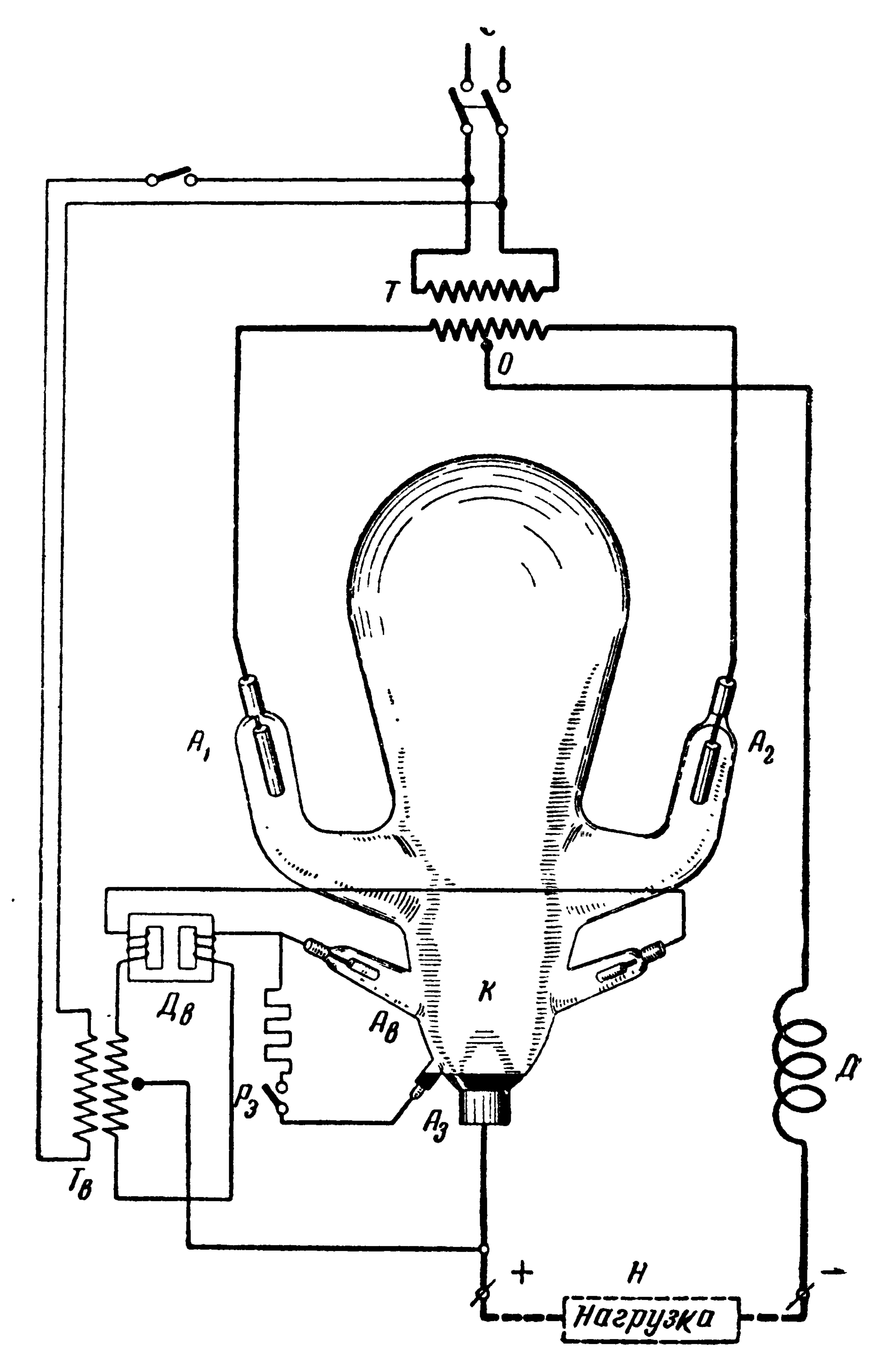



Рис. 45. Схема ртутного выпрямителя

тор $T_в$, затем наклонить колбу влево и нажать кнопку $P_з$. При этом создается ртутный мостик, замыкающий обмотку трансформатора. Если снова поставить колбу в вертикальное положение, то мостик разорвется и образуется небольшая дуга, которая затем переходит в дугу между катодом и главными анодами.

Реактивная катушка $Д_в$ служит для поддержания дуги в моменты прохождения переменного напряжения через нуль.

Недостатком ртутных выпрямителей такого типа является хрупкость стеклянных колб. Более надежны ртутные выпрямители, помещенные в металлические цилиндры, сваренные из листовой стали и имеющие водяное охлаждение. Ртутные выпрямители в металлических цилиндрах негерметичного типа снабжают вакуумными насосами, которые периодически откачивают просочившийся в цилиндр воздух. Более совершенны выпрямители герметичного типа с запаянными цилиндрами, для которых вакуумные насосы не требуются.

Широкое применение в схемах автоматического управления электроприводами для преобразования однофазного и многофазного переменного тока в постоянный, а также для получения односторонней проводимости в цепях управления нашли селеновые и меднозакисные (купроксные) выпрямители. Они объединяются общим названием твердые выпрямители. Принцип действия их основан на том, что металл в контакте с полупроводником или полупроводник в контакте с другим полупроводником может обладать односторонней проводимостью. Она обусловливается главным образом существованием в контактирующей системе тонкого, так называемого запорного слоя, обладающего большим омическим сопротивлением. В купроксном выпрямителе запорный слой формируется в контакте между медной пластинкой и слоем закиси меди, создаваемым при нагреве медной пластинки за счет ее окисления. Если включить такой выпрямитель в электрическую цепь с источником электродвижущей силы, то запорный слой окажет очень большое сопротивление движению электронов из закиси меди в медь и свободно будет пропускать их в обратном направлении. В соответствии с этим одно направление электрического тока называется пропускным, а другое — запорным.

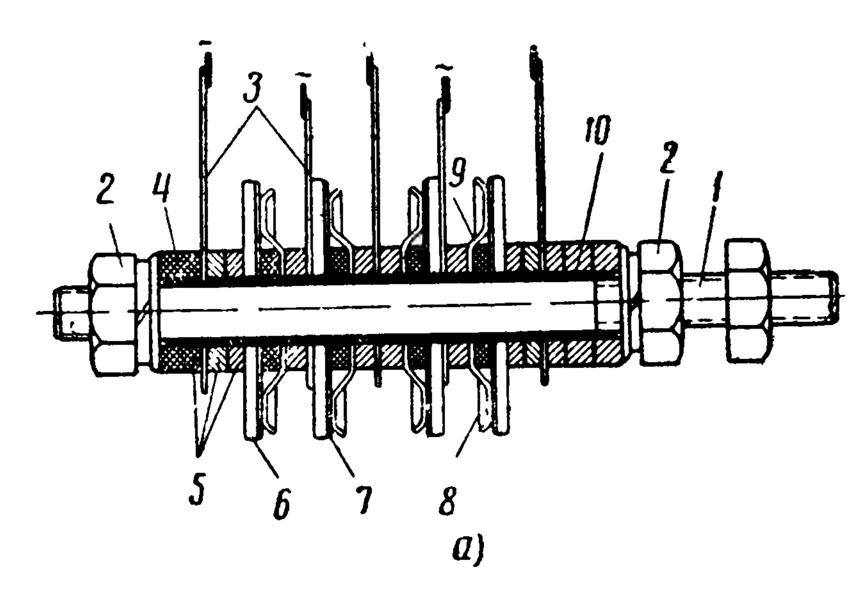
Включая выпрямляющую систему в цепь переменного напряжения, можно выпрямлять переменный ток. При этом в течение одного полупериода ток протекает через выпрямитель, а в течение второго полупериода он настолько мал, что его можно не принимать во внимание. Отношение тока в пропускном направлении к току в запорном направлении при одной и той же разности потенциалов называется коэффициентом выпрямления. Выпрямители характеризуются также плотностью тока в контакте и напряжением, которое выдерживает один элемент выпрямителя.

В настоящее время изготовляются выпрямители из двухсторонних меднозакисных пластин, в которых окисление производится одновременно с двух сторон. Из таких пластин собирают выпрямители на большие токи. Собирая схемы из нескольких выпрямителей, получают двухполупериодное выпрямление переменного тока. Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока

применяют дроссели, состоящие из катушек, надетых на стальные сердечники.

В селеновых выпрямителях запорный слой образуется в результате реакции селена, который наносится тонким слоем на никелированную пластинку из мягкой стали, с другим электродом из специального сплава.

Отдельные выпрямительные шайбы имеют в середине отверстия и собираются на монтажные шпильки. Соединение отдельных шайб может быть последовательное, параллельное или смешанное. На рис. 46 показаны столбики выпрямителей — селенового (рис. 46, *а*) и меднозакисного (рис. 46, *б*). Цифры на рисунках обозначают: *1* — монтажная шпилька, *2* — стягивающая гайка, *3* — токоотводящие шинки, *4* — изоляционная шайба, *5* — дистанционная металлическая шайба, *6* — стальная шайба с селеновым покрытием, *7* — селеновое покрытие, *8* — пружинящая контактная шайба, *9* — дистанционная изоляционная шайба, *10* — изоляция монтажной шпильки, *11* — медный диск, *12* — меднозакисный слой, *13* — свинцовая шайба, *14* — радиатор для отвода тепла, *15* — дистанционная металлическая шайба.



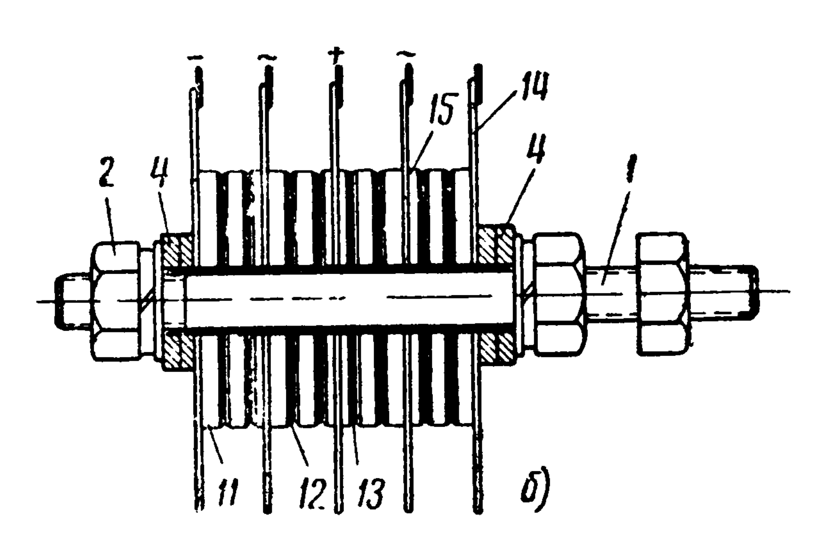




Рис. 46. Твердые выпрямители:
*а* — селеновый, *б* — меднозакисный

В последнее время получили распространение **твердые выпрямители** с применением германия или кремния, которые при небольших размерах обладают большой мощностью.

*Глава IV*

# УСТРОЙСТВО МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

## § 1. ТИПЫ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА И ИХ УСТРОЙСТВО

Машины постоянного тока работают как генераторы и двигатели. В качестве генераторов они являются источниками тока в двигатель-генераторных установках, в качестве двигателей используются в различных отраслях электропривода. Двигатели постоянного тока значительно сложнее и дороже, чем асинхронные двигатели трехфазного тока. Но они имеют важное преимущество перед асинхронными двигателями. Двигатели постоянного тока можно регулировать, т. е. изменять скорость вращения якоря плавно и в широких пределах. Поэтому двигатели постоянного тока применяют в электрической тяге, в крановых установках металлургических заводов, в прокатных станах и электроприводах ряда других устройств.

Машины постоянного тока также выпускаются сериями, которые периодически заменяют более совершенными. Обычно каждая серийная машина постоянного тока может быть использована как в качестве двигателя, так и генератора. При этом несколько изменяется напряжение, скорость вращения и мощность машины.

На рис. 47 показано устройство двигателя постоянного тока новой серии П мощностью 5 *квт*. Якорь собран из штампованных листов *14* с полузакрытыми пазами. По торцам якоря поставлены листы из изоляционного материала, которые защищают провода обмотки *12* от повреждения острыми краями зубцов. Обмотка якоря всыпная, из проводов круглого сечения. Сердечник якоря спрессован между двумя нажимными шайбами, состоящими из штампованных чашек *21* и плоских стальных шайб. Отвороты чашек служат поддержкой для лобовых частей обмотки. Со стороны привода сердечник якоря упирается в бортик вала *1*, а со стороны коллектора запирается втулкой *2*, напрессованной на вал.

В двигателях малой мощности применены коллекторы на пластмассе. В пластинах коллектора *11* выштампованы углуб-

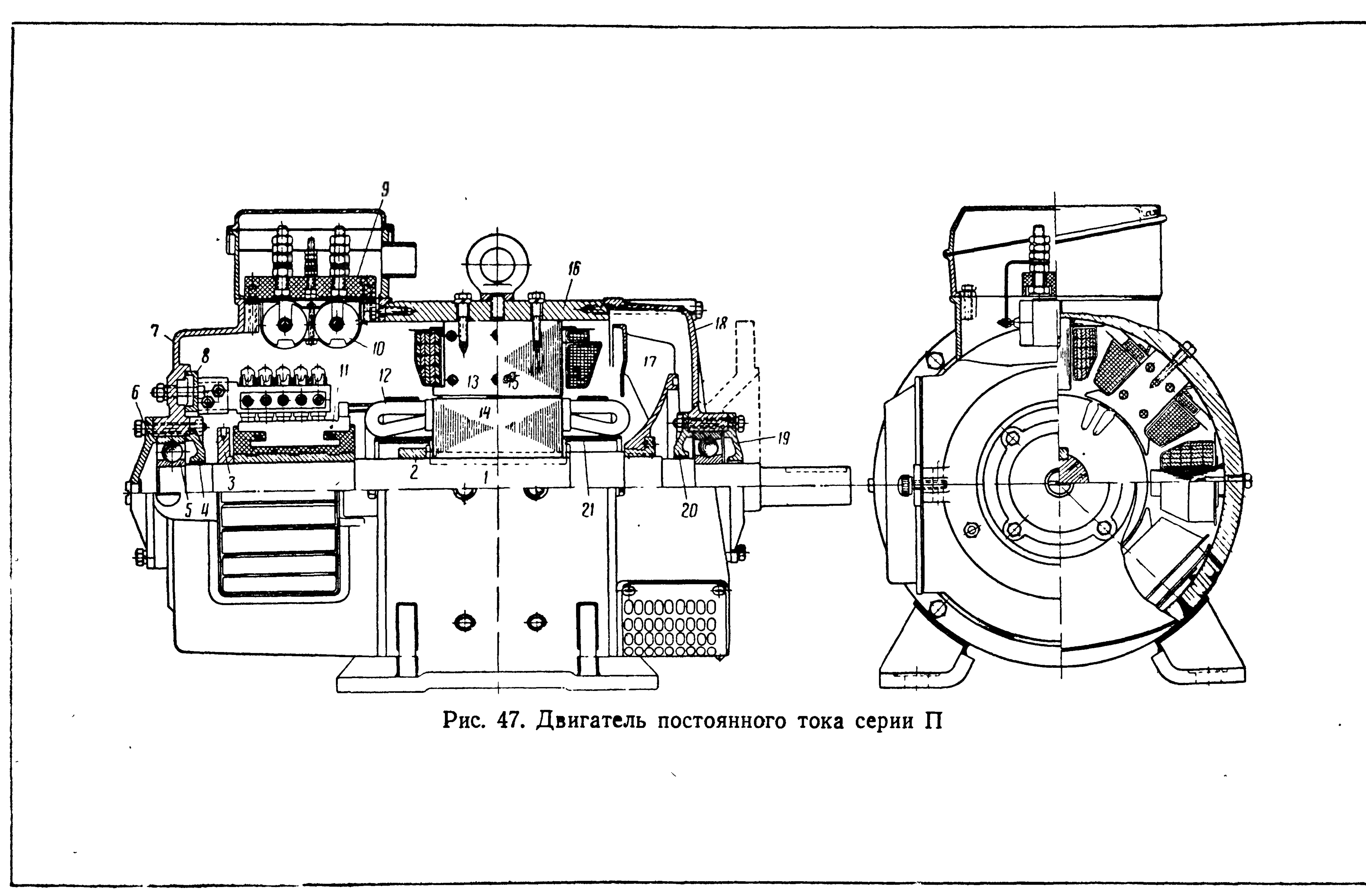



Рис. 47. Двигатель постоянного тока серии П

ления прямоугольной формы, в которые вложены кольца, сваренные из полосовой стали. Таким образом, прочность коллектора зависит не только от свойств пластмассы, но и стального кольца. Получается конструкция, аналогичная железобетону в строительной технике. Для предохранения от замыкания стальными кольцами коллекторных пластин углубления в миканитовых прокладках между пластинами сделаны меньших размеров, чем углубления в медных пластинах. Таким образом, стальные кольца опираются на миканитовые прокладки и не могут коснуться медных пластин. При посадке коллектора на вал используется стальная втулка, которая вкладывается в пресс-форму перед запрессовкой пластин в пластмассу. Наружная поверхность втулки обработана в виде чередующихся выступов и впадин, чтобы получить лучшее сцепление с пластмассой. Для коллекторов применяется пластмасса К6 с асбестовым наполнителем, которая отличается высокой прочностью и вязкостью. Обмотка удерживается в пазах якоря текстолитовыми или деревянными клиньями, а лобовые части — проволочными бандажами. Перед укладкой обмотки в пазы вставляются изоляционные гильзы, которые выступают из пазов по торцам якоря на 8—10 *мм* с каждой стороны.

Охлаждающий воздух протягивается вдоль двигателя литым алюминиевым вентилятором *17*, насаженным на вал. Воздух забирается через крышки коллекторных люков и выбрасывается в нижнее отверстие подшипникового щита *18*, закрытое штампованной крышкой. В осевое отверстие вентилятора помещена стальная втулка, так как посадка на вал алюминиевого вентилятора недостаточно надежна ввиду его мягкости и изнашиваемости при разборке и сборке машины. Для предохранения от проворачивания на валу втулка вентилятора посажена на шпонку. В одном из колец вентилятора отлита канавка для балансировки якоря. С другой стороны якорь балансируется посредством высверливания отверстий в кольце *3*.

Шарикоподшипник *5* зажат между бортиками крышек *4* и *6*. Он фиксирует положение якоря и воспринимает осевые нагрузки. Между подшипником со стороны привода и бортиками крышек *19* и *20* оставлены зазоры, чтобы вал имел возможность удлиняться при нагревании в процессе работы машины. В торец крышки *6* ввернут винт, который закрывает отверстие, предназначенное для измерения скорости вращения якоря при помощи тахометра. Наружные кольца шарикоподшипников вставлены в расточки подшипниковых щитов *7* и *18*.

В подшипниковом щите со стороны коллектора сделана кольцевая выточка, в которую вставляется алюминиевая траверса *8* щеткодержателей. Она притягивается к торцу щита болтами. Освободив гайки этих болтов, можно передвигать траверсу по окружности для установки щеток на коллекторе в положении наименьшего искрения. В верхнем люке щита при помощи

болтов укреплена дощечка зажимов *9*, выполненная методом прессовки из пластмассы. Под дощечкой при помощи хомутиков укреплены конденсаторы *10* для снижения радиопомех.

В машинах постоянного тока станина поддерживает полюса и подшипниковые щиты и в то же время является магнитопроводом между полюсами. Поэтому в машинах постоянного тока выбор материала и толщины станины производится не так, как в машинах переменного тока.

Почти все современные машины постоянного тока выполняют не с чугунными, а со стальными станинами. Хотя сталь дороже и труднее обрабатывается, но она имеет почти вдвое бо́льшую магнитную проницаемость, что позволяет сократить толщину стенки. По магнитному расчету толщина стенки получается значительно больше, чем это требовалось бы по условиям жесткости и прочности. Поэтому станину машин постоянного тока легко отличить от станины машин переменного тока по значительно большей толщине стенки.

На рис. 47 показана согнутая и сваренная из листа станина *16*, к ней приварены легкие штампованные лапы для крепления машины.

К станине привернуты болтами главные и дополнительные полюса. На продольном разрезе справа показан главный полюс, а слева — дополнительный. Главные полюса *15* штампуются из листовой стали. На полюс надета катушка параллельного возбуждения, а поверх нее — небольшая катушка последовательного возбуждения. Изоляция катушек от полюса выполняется опрессовкой его сердечника. Закрепление катушек на полюсе производится при помощи рамки, согнутой из угловой стали. Дополнительный полюс *13* также шихтуется из штампованных листов, но не в поперечном, а в продольном направлении. Сердечник полюса короче якоря на 20 *мм*, за счет чего образуются выступы в листах для поддерживания катушки.

Станины больших машин для облегчения монтажа, перевозки и обслуживания машины делают разъемными. Разъемная станина позволяет производить некоторые ремонтные операции, не снимая машины с фундамента.

На рис. 48 представлен двигатель постоянного тока серии П-100 мощностью 170 *квт* с разъемной станиной. Листы якоря *1* собраны на вал и спрессованы между двумя сварными шайбами *6* из листовой стали. Обмотка якоря *5* стержневого типа состоит из полукатушек, соединяемых между собой хомутиками, которые пропаиваются. Втулка *7* коллектора сварной конструкции состоит из двух массивных колец, между которыми вварена тонкая труба. К втулке коллектора приставлен нажимной конус *12*, выточенный из кованой стали. С противоположной стороны якоря на вал насажен вентилятор *2*, состоящий из массивной кованой втулки и привернутого к ней диска вентилятора

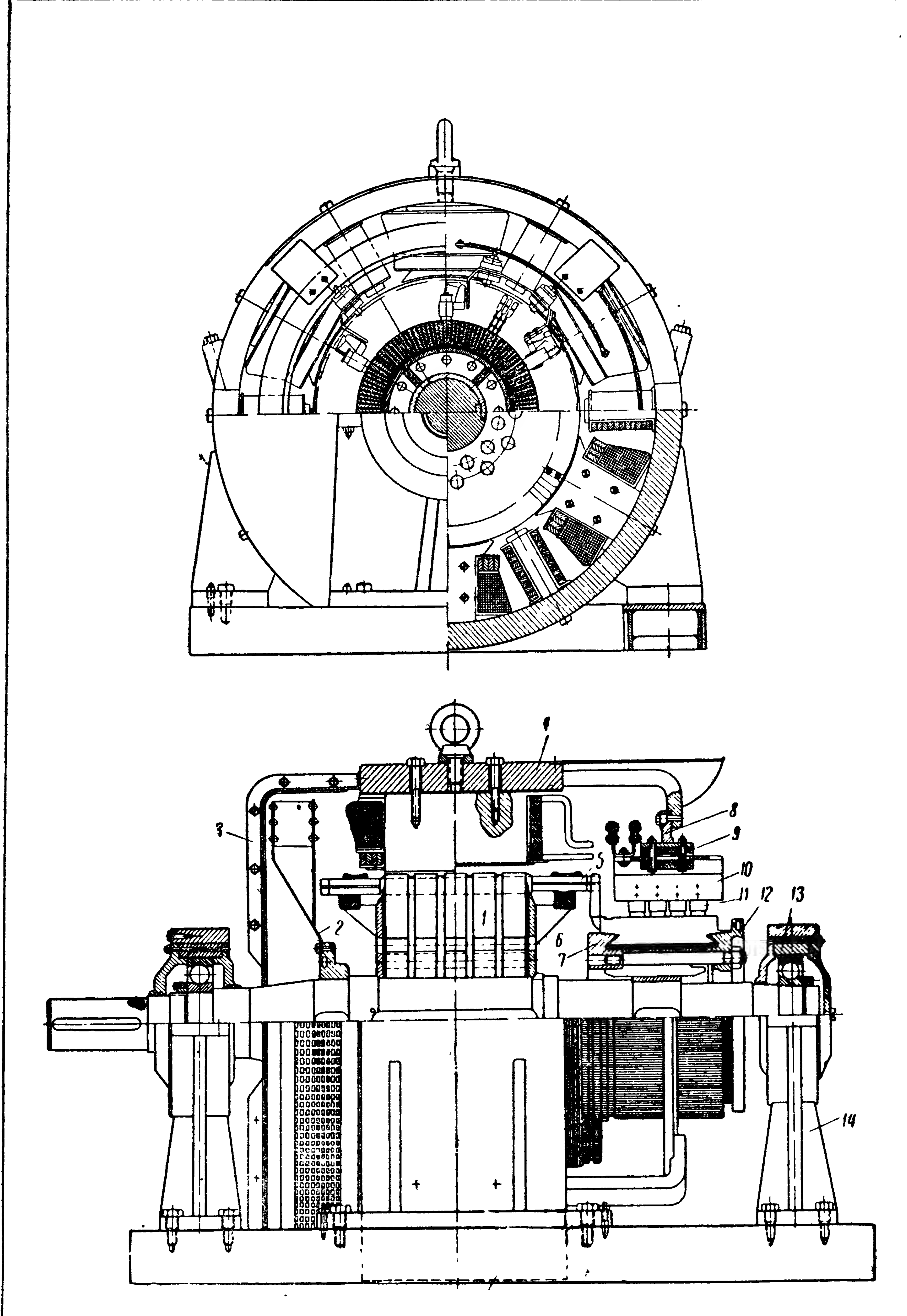



Рис. 48. Двигатель постоянного тока серии П-100

с лопатками. Вентилятор огражден решеткой *3*, привернутой к разъемной рамке из угловой стали. Для удобства сборки и разборки шарикоподшипники заключены в стальные капсулы *13* и с обеих сторон защищены от загрязнения чугунными крышками. Капсулы вставлены в расточки стояковых подшипников *14*, которые также выполнены сварными.

Сравнивая конструкцию стояковых подшипников машины П-100 со стояковым подшипником, изображенным на рис. 35, можно видеть, какое упрощение дало применение шарикоподшипников и замена литой стойки сварной.

К торцу станины приварены угольники, к которым болтами крепится траверса *8*. На ней укреплены при помощи хомутиков бракеты *10* с привинченными к ним щеткодержателями *11*. Бракеты изолированы от траверсы при помощи изоляционных прокладок *9*.

Станина *4* сделана разъемной для упрощения монтажа и транспортировки машины. Половины обода согнуты из толстой листовой стали. Разъем станины проходит не по горизонтальному диаметру, а несколько выше, так как на концах горизонтального диаметра установлены дополнительные полюса. Таким образом, при разборке машины все полюса остаются на месте и надо только разъединить соединительные провода между катушками. В старых конструкциях к обеим половинам обода приваривались или отливались массивные брусья вдоль всей длины станины и через них проходили болты, скрепляющие верхнюю половину обода с нижней. В машинах серии П-100 для соединительных болтов к верхней половине обода приварены только легкие полукруглые бобышки. Болты ввертываются непосредственно в плоскость разъема нижней половины.

Всякая машина на стояковых подшипниках должна иметь фундаментную плиту для установки лап станины и стояков подшипников, так как иначе нельзя выдержать равномерность зазора между якорем и полюсами. Фундаментная плита *15* сварена из листовой стали и при небольшом весе имеет достаточную жесткость.

Для дуговой электросварки на постоянном токе применяются специальные типы генераторов. При каждом зажигании дуги электросварщик касается концом электрода свариваемой детали. В этот момент генератор оказывается в состоянии короткого замыкания. Чтобы избежать очень больших токов, генератор должен обладать так называемой падающей характеристикой. Это значит, что при увеличении силы потребляемого тока напряжение на зажимах генератора должно резко снижаться. В разных типах генераторов это достигается различными способами.

Сварочным агрегатом называют сварочный генератор, смонтированный совместно с приводным двигателем. В качестве двигателя применяется асинхронный электродвигатель или дви-

гатель внутреннего сгорания. Последние применяются преимущественно в полевых условиях при отсутствии трехфазного тока. Сварочные агрегаты бывают однопостовые для питания одной дуги и многопостовые.

На рис. 49 показан общий вид однопостового сварочного агрегата СУГ-2Р-У, широко распространенного в промышлен-

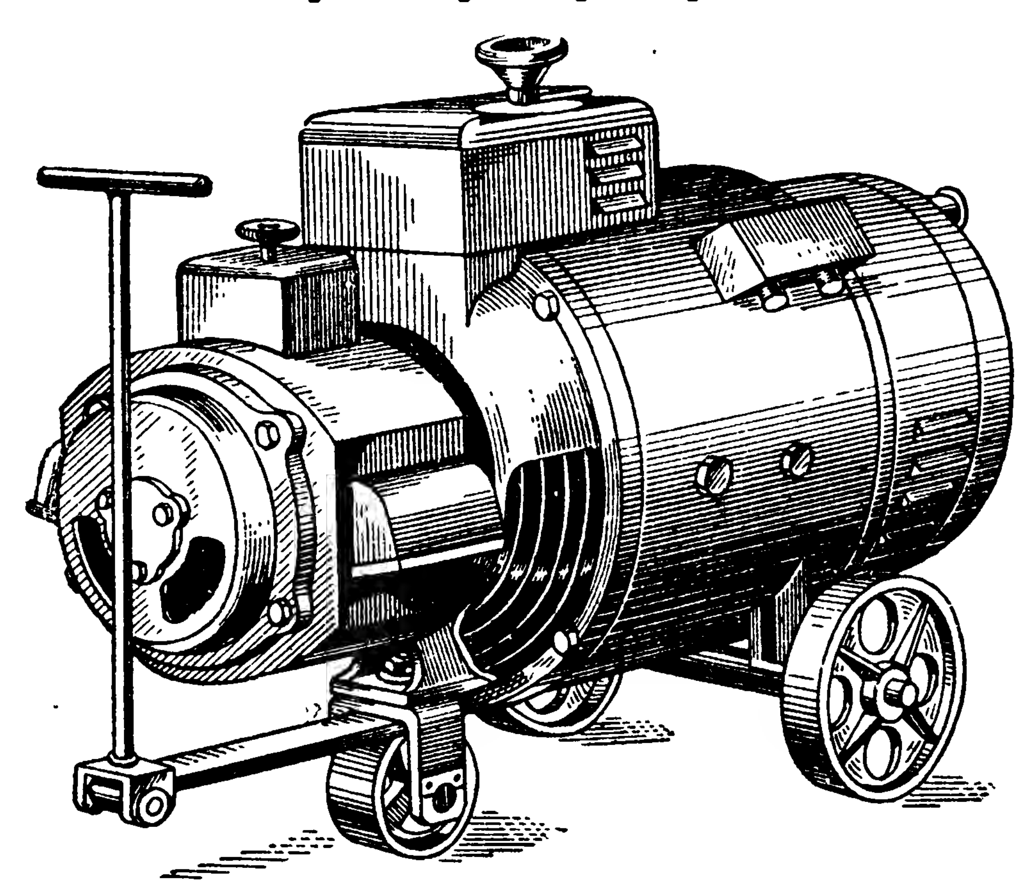


Рис. 49. Сварочный агрегат СУГ-2Р-У

ности. Агрегат состоит из сварочного генератора СМГ-2г-П и асинхронного двигателя единой серии А-62-4. Агрегат смонтирован на колесах. Он предназначен для ручной дуговой сварки

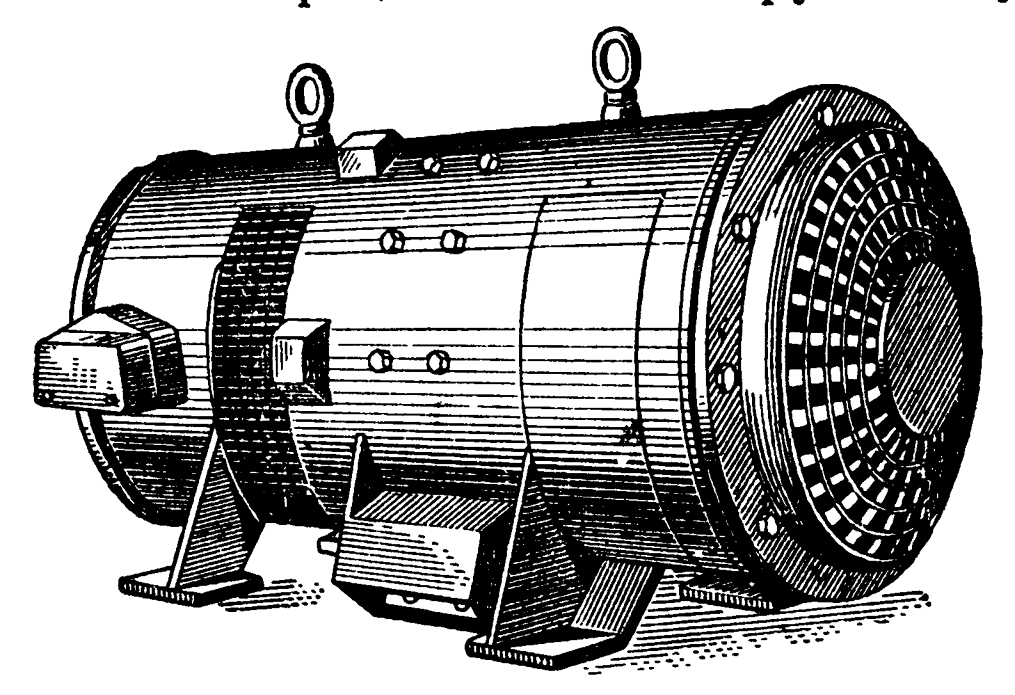


Рис. 50. Сварочный агрегат ПСМ-1000

при токе до 300 *а*. Пуск двигателя осуществляется при помощи пакетного выключателя. Над корпусом генератора помещен реостат для регулировки сварочного тока. Этим реостатом производится только точная регулировка в небольших пределах. В широких пределах регулировка осуществляется поворотом траверсы щеткодержателей при помощи рычага на подшипниковом щите со стороны, противоположной электродвигателю.

На рис. 50 показан агрегат ПСМ-1000 (преобразователь сварочный многопостовой), состоящий из генератора СГ-1000 и асинхронного трехфазного двигателя.

## § 2. УСТРОЙСТВО И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЯКОРЯ

Якорем в машинах постоянного тока называется цилиндр, который вращается в пространстве между полюсами. Якорь набирают из тонких листов толщиной 0,5 *мм*, выштампованных из специальной электротехнической стали. Эта сталь имеет примесь кремния для увеличения электрического сопротивления и уменьшения вихревых токов. Для того чтобы вихревые токи не могли переходить из одного листа в другой, их изолируют при помощи двухстороннего покрытия каждого листа слоем лака.

Лист якоря представляет собой диск, в котором выштампованы по окружности канавки, называемые пазами, в которые вкладывают проводники обмотки (см. рис. 47). Между пазами остаются выступы, которые называют зубцами. Формы пазов бывают различными. Пазы прямоугольной формы называются открытыми. В машинах малой мощности применяют полузакрытые пазы (см. рис. 47), в которые вкладывают проводники всыпных обмоток. Полузакрытые пазы делают грушевидной формы, поэтому ширина зубца получается равномерной по всей высоте. Всыпные обмотки могут выполняться только из проводников круглого сечения. Кроме пазов, в листах якоря выштампованы круглые отверстия, которые образуют осевые вентиляционные каналы (см. рис. 48). По длине якорь разделяется на отдельные пакеты, между которыми оставляют вентиляционные каналы, называемые радиальными. Они образуются при помощи распорок, которые приклепываются или привариваются к утолщенным листам якоря, ограничивающим вентиляционный канал. При вращении якоря распорки действуют как крылья вентилятора и прогоняют через каналы воздух, который уносит с собой тепло, выделяемое в якоре. Воздух поступает в радиальные каналы через осевые.

Листы якоря изготовляют при помощи холодной штамповки.

При изготовлении одиночных машин и ремонте применяют пазовые штампы. Пазовый штамп вырубает пазы по одному, а штамповка производится на пазовом полуавтомате (рис. 51). Работает он следующим образом. На оправку центральным отверстием надевается круглая заготовка из электротехнической стали. В ползуне пресса установлен пуансон штампа. После включения пресса штамп вырубит один паз, после чего лист повернется на одно зубцовое деление и последует второй удар штампа. Работа пресса происходит автоматически до тех пор, пока пазы не будут пробиты по всей окружности листа и пресс не остановится. После этого снимают готовый лист, на его место ставят новую заготовку и снова включают пресс. Для установки

листов разных диаметров оправка передвигается вращением ходового винта с помощью рукоятки. При настройке пресса на заданное число пазов по окружности заменяют делительное колесо, которое находится под столом пресса.

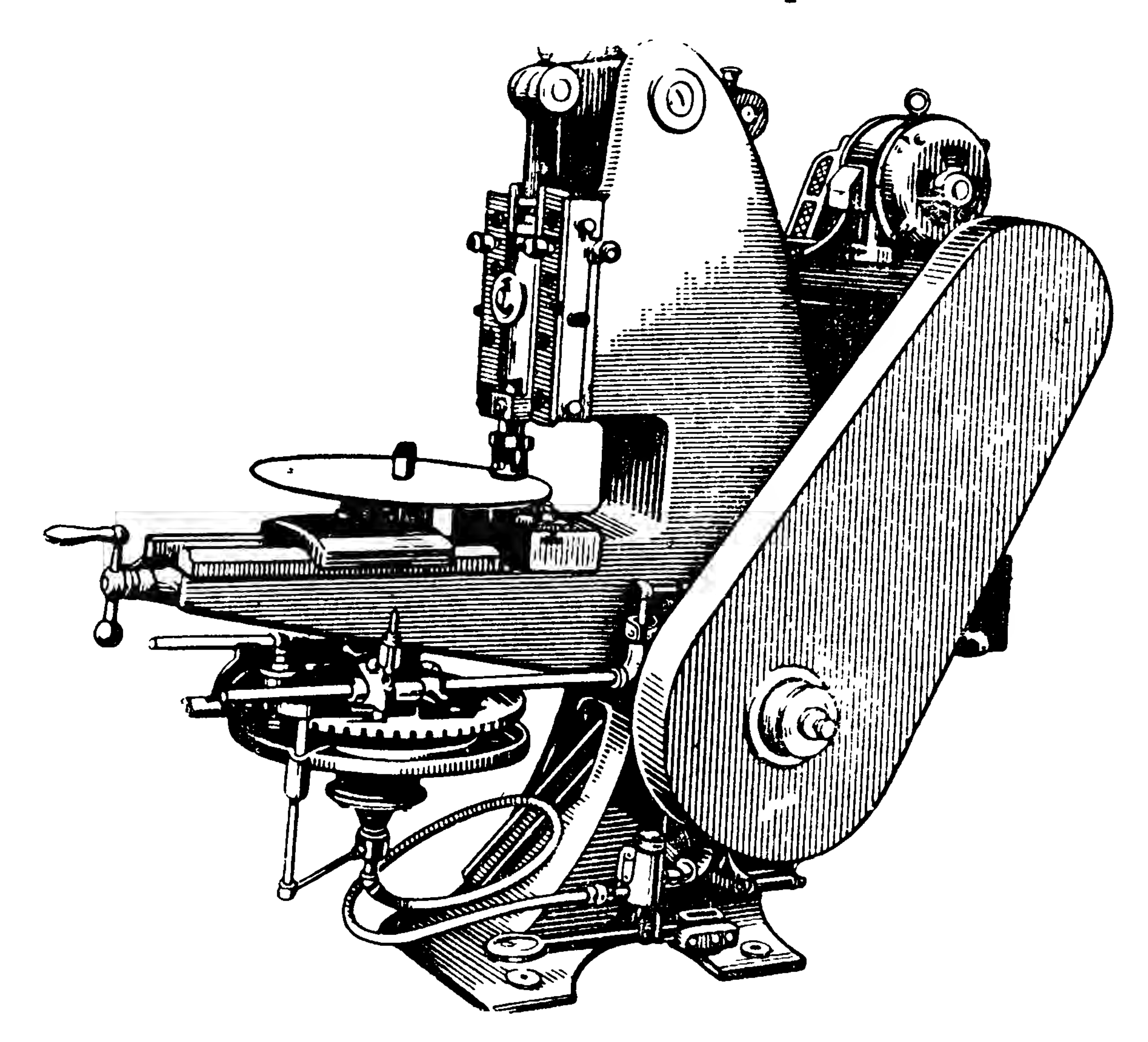


Рис. 51. Пазовый полуавтомат

На рис. 52 представлен пазовый штамп для якоря. К столу пресса при помощи болтов крепится плита матрицы *10* с укрепленной на ней матрицей *9*. Для предохранения от сдвигов матрицы в процессе работы имеются два штифта *8*. Пуансон *5* закреплен путем расклепки в держателе *3*, который привинчен к плите *1*. Между держателем и плитой проложена стальная закаленная прокладка *2*, которая предохраняет пуансон от расшатывания при ударах штампа. К держателю винтами *6* прикреплен сбрасыватель *4*, который скользит вдоль пуансона и отжимается двумя спиральными пружинами. Во время опускания пуансона штампуемый лист сначала прижимается к матрице сбрасывателем *4* и пружины сжимаются. При ходе пресса вверх сначала пуансон выходит из пробитого в листе отверстия и уже после этого по мере распрямления пружин сбрасыватель отделяется от матрицы. Наличие сбрасывателя исключает возможность застревания листа на пуансоне. Верхняя часть штампа крепится к ползуну пресса при помощи хвостовика *7*.

Для сборки листов вал закрепляют в верстаке вертикально и надевают на него нажимную шайбу. Затем производят набор листов, надевая их так, чтобы шпоночная канавка попадала на шпонку вала. Для того чтобы контуры листов точно совпадали, надо располагать их кверху той же стороной, какой они были

положены под штамп. Для этого в осевом отверстии листа, кроме шпоночной канавки, выштампована полукруглая лунка. При сборке листов на вал надо следить за тем, чтобы лунки во всех листах совпадали.

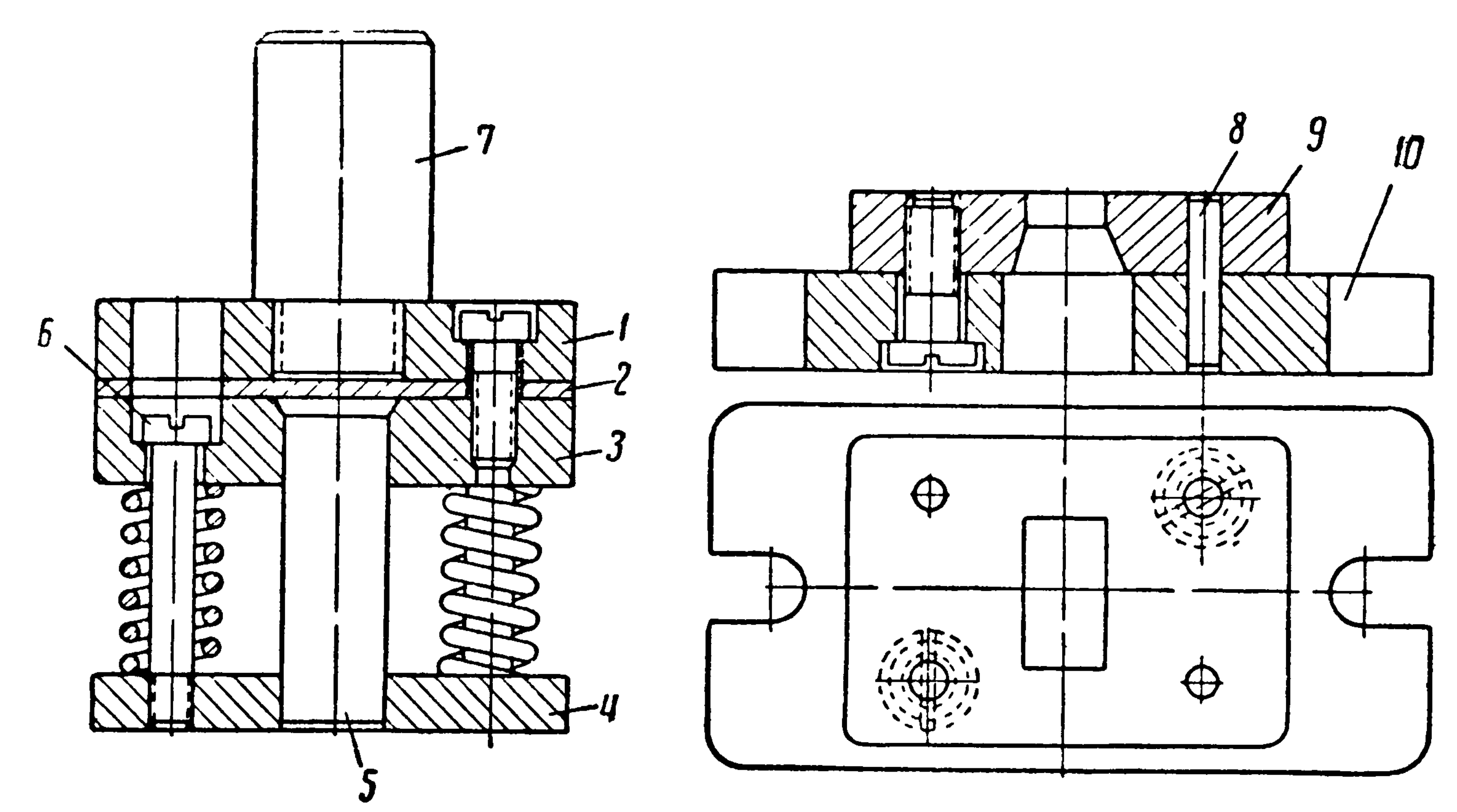



Рис. 52. Пазовый штамп

При сборке листы должны плотно прилегать один к другому. Для этого их подбивают при сборке оправкой, представляющей собой стальное кольцо с двумя ручками. После того как все листы собраны, якорь передают на гидравлический пресс и прессуют. Давление прессовки должно быть не менее 15 *кг* на каждый квадратный сантиметр поверхности листа. Для удержания листов в сжатом состоянии на вал напрессовывают втулку *4* (см. рис. 47) или в канавку вала вкладывают пружинное кольцо.

Обмотки якоря машин постоянного тока разделяются на проволочные, намотанные из круглого провода, и шинные, которые выгибают из медных шин прямоугольного сечения. Проволочные катушки наматывают на шаблон на станке, а затем растягивают на специальном приспособлении так, чтобы стороны катушки находились на расстоянии, равном шагу обмотки по пазам. Затем катушки изолируют, пропитывают в изоляционных лаках и вкладывают в пазы якоря.

Проволочные катушки применяются только в машинах небольшой мощности — до 7—10 *квт*. В более крупных машинах применяют шинные катушки. Их выгибают пооперационно на гибочных приспособлениях. Затем изолируют каждый проводник и всю катушку путем обматывания изоляционными лентами в зависимости от класса изоляции.

Катушки обмотки якоря должны быть закреплены в пазах и на лобовых частях, чтобы они не сдвигались под действием центробежной силы при работе машины. Пазовые части катушек закрепляются или деревянными клиньями, или проволочными

бандажами. Это зависит от формы паза. Клинья изготовляются из твердого сухого дерева (бука) или из текстолита. Преимущество клиньев перед проволочными бандажами заключается в том, что они не только удерживают обмотку в пазах, но и защищают ее от механических повреждений по всей длине якоря. Однако клинья занимают больше места по высоте паза и при усыхании могут выскочить из пазов, особенно при небольших размерах углублений для них в стенках паза. Поэтому их применяют в крупных машинах, у которых высота клина может быть сделана не менее 6 *мм*.

Проволочные бандажи применяют при креплении пазовых частей обмотки, если в стенках пазов нет углублений для клина, а также при креплении лобовых частей обмотки якоря всех типов. Чтобы бандажи не выступали за окружность якоря, для них делают на якоре канавки, образуемые листами якоря меньшего диаметра, чем основные листы. Бандажи наматывают на якорь на специальном станке. Катушки обмотки предохраняют от прорезания изоляции бандажной проволокой тем, что под бандажи кладется дополнительная изоляция в виде полосок электрокартона толщиной 0,5 *мм*. Для бандажей применяют специальную бандажную проволоку с очень высокой прочностью. Чтобы разорвать такую проволоку сечением в 1 *мм*$^2$, надо повесить на ней груз 180 *кг*. Для надежного крепления обмотки в пазах при расчете бандажей принимают разрывающее усилие от действия центробежных сил обмотки в 40 *кг* на 1 *мм*$^2$. В процессе намотки проволока должна ложиться на якорь с большим натяжением. Чтобы витки бандажа не раздвигались после намотки, их скрепляют скобками из жести. Начала и концы бандажей вводят в ушки замковых скобок и загибают, как показано на рис. 53. Чтобы все витки бандажа работали как сплошное кольцо и разрыв одного витка не мог бы привести к мгновенному разматыванию всего бандажа, они пропаиваются по всей окружности якоря. При намотке бандажа ставят две замковые скобки для начала (рис. 53, *а*) и конца (рис. 53, *в*) бандажа и несколько промежуточных скобок (рис. 53, *б*), распределяя их равномерно по окружности якоря (рис. 53, *г*). Закрепление начала бандажа производится следующим образом: первый виток огибают концом скобки и закрепляют его следующими

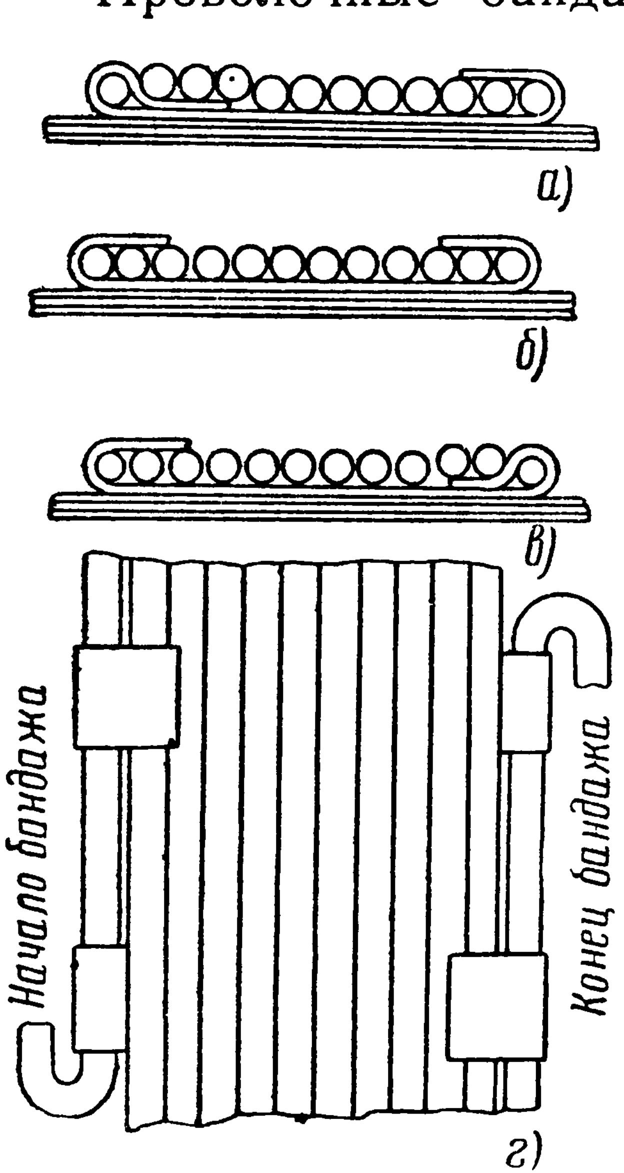


Рис. 53. Заделка бандажей:
*а* — начало бандажа, *б* — промежуточная скобка, *в* — конец бандажа, *г* — расположение скобок на якоре

витками бандажа. Для закрепления последнего витка приготовляют ушко, огибая скобку вокруг кусочка бандажной проволоки. Конец бандажа заводят в это ушко и загибают.

Длина лобовых частей катушечных и шинных обмоток зависит от шага обмотки по пазам. Наибольшая длина лобовых частей будет у двухполюсного якоря, так как в нем лобовые части соединяют стороны катушки, лежащие на противоположных сторонах окружности якоря. Поэтому в малых машинах, которые в большинстве случаев бывают двухполюсными, часто отказываются от намотки катушек на станке, а производят обмотку якоря путем укладывания провода прямо с бухты в пазы якоря. Для изоляции проводников от зубцов якоря в пазы предварительно вкладывают изоляционные гильзы. Такие обмотки называются ручными.

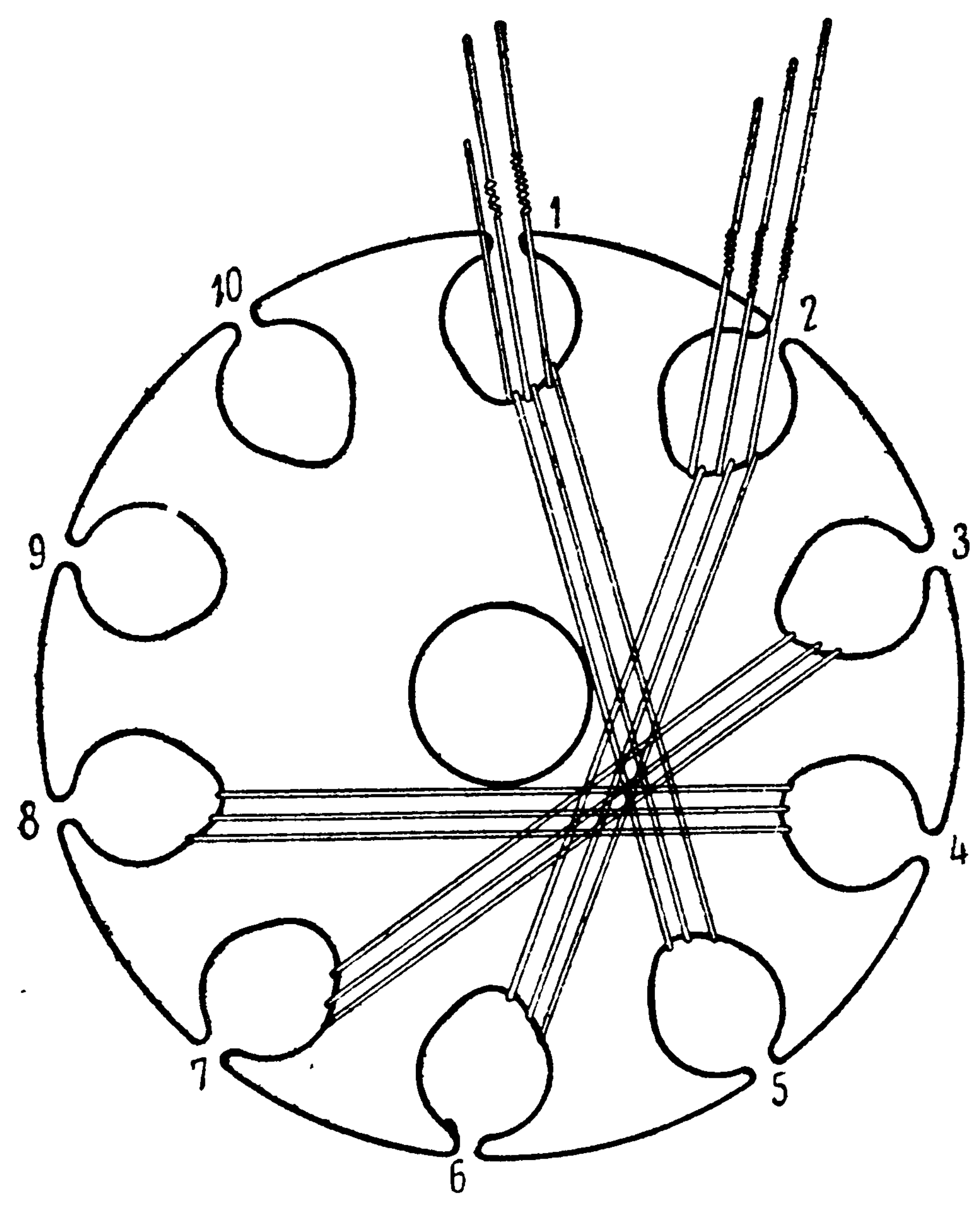


**Рис. 54. Схема ручной обмотки якоря**

На рис. 54 показана схема ручной обмотки якоря. Сначала наматывают провод из паза *1* в паз *5* согласно шагу обмотки, занимая при этом оба паза проводниками наполовину. Затем переходят в пазы *2* и *6*, укладывая в них такое же число витков. После этого переводят намотку в пазы *3* и *7*, затем в *4* и *8*. Дальше надо мотать проводники в пазы *5* и *9*, но нижняя половина паза *5* уже занята проводниками при намотке первой катушки. Поэтому проводники будут ложиться в верхнюю часть паза *5* и в нижнюю часть паза *9*. Нетрудно видеть, что последние катушки обмотки будут обеими сторонами ложиться в верхние

части пазов. Лобовые части ручных обмоток прилегают к торцу якоря, поэтому крайние листы якоря штампуют не из стали, а из электрокартона. На вал надевается трубочка из изоляционного материала.

## § 3. УСТРОЙСТВО КОЛЛЕКТОРА

Коллектор представляет собой одну из наиболее сложных частей машины постоянного тока. Это объясняется устройством кольца, составленного из большого числа медных пластин, чередующихся с миканитовыми прокладками. Весьма сложной является форма пластин в месте их прилегания к изоляционным манжетам и к нажимным конусам. В процессе работы машины

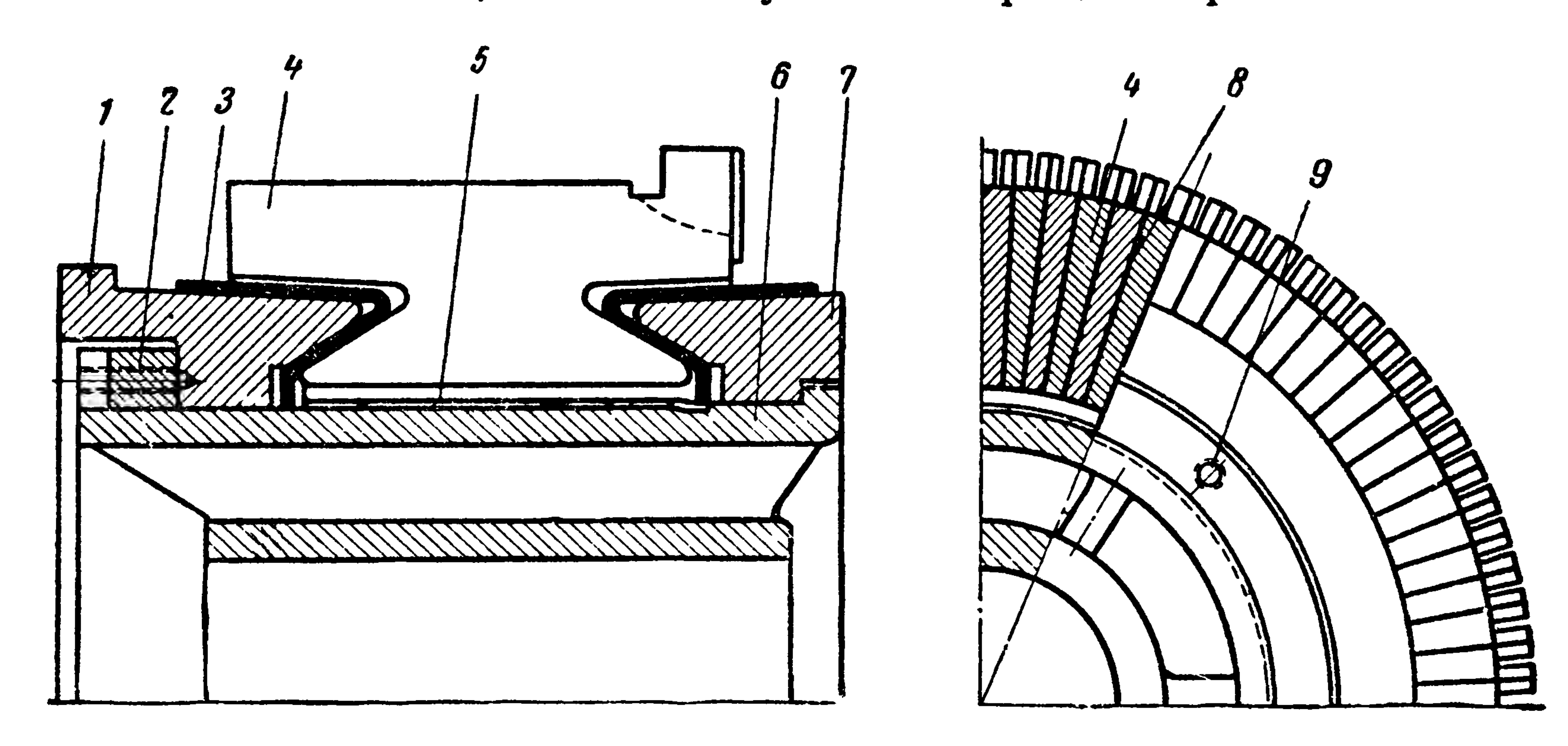



**Рис. 55. Коллектор**

коллектор нагревается и его пластины стремятся расшириться. Одновременно на них действуют большие центробежные силы, стремящиеся вырвать пластины из места их закрепления. Между тем к коллектору предъявляются очень строгие требования, согласно которым биение коллектора в собранной машине, измеренное индикатором, не должно быть больше 0,04 *мм*.

Устройство коллектора показано на рис. 55. Коллекторные пластины *4* клинообразного сечения собраны в кольцо вместе с миканитовыми прокладками *8* и спрессованы. В пластинах проточены канавки, в которые вставлены миканитовые манжеты *3*. Вся эта система зажимается между двумя конусами *1* и *7*, надетыми на втулку *6* и затянутыми гайкой *2*. Стопорный винт *9* предохраняет гайки от отвертывания. Для предохранения от пробоя между пластинами и втулкой имеется миканитовый цилиндр *5*.

В коллекторах применяется полосовая медь трапецеидального сечения, которая изготовляется волочением на кабельных заводах. Размеры сечения проверяются специальным шаблоном. Коллекторная медь поступает в виде длинных полос, из которых

фрезеруются или штампуются пластины. Прокладки между пластинами изготовляются из твердого коллекторного миканита, спрессованного при небольшом содержании клеящего лака (4—6%). Миканитовые манжеты прессуют из формовочного миканита в специальных пресс-формах и запекают в печи при температуре 180°. Процесс сборки коллектора иллюстрирует рис. 56. Коллекторные пластины показаны в прессующем кольце, в котором производится их прессовка и обработка внутренних канавок. Это кольцо снимают после сборки пластин на втулку. Прессующее устройство состоит из внутреннего конического кольца, разрезанного на отдельные плашки, и наружного кольца с конической внутренней поверхностью. Когда наружное кольцо подвергается давлению пресса, плашки сжимаются и передают давление коллекторным пластинам. Плашки разрезаны в косом направлении, чтобы отдельные миканитовые прокладки не могли попасть в прорезь между плашками.

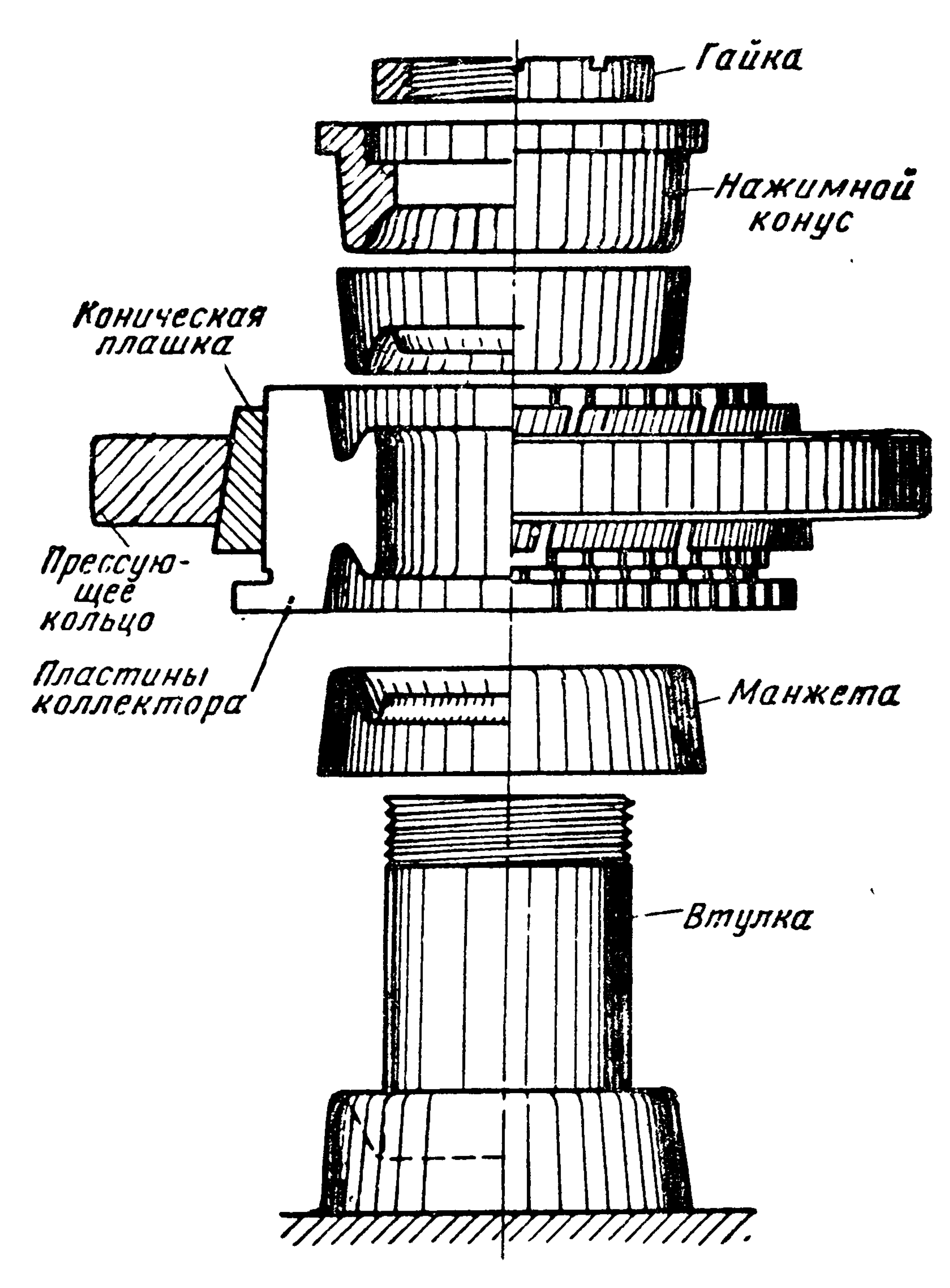



Рис. 56. Коллектор в процессе сборки

В машинах малой и средней мощности проводники обмотки якоря вкладываются в прорези, профрезерованные в коллекторных пластинах, и запаиваются. Эти прорези видны на рис. 55. В крупных машинах проводники обмотки якоря расположены высоко над поверхностью коллектора и для соединения их между собой в пластины коллектора впаивают тонкие медные полоски. Они образуют скобочки, в которые вставляются концы проводников обмотки якоря и запаиваются. Устройство этих соединений, которые называются «петушками», показано на рис. 48.

В быстроходных машинах при скорости на окружности коллектора более 40 *м/сек* крепление коллекторных пластин с помощью внутренних конусов недостаточно надежно. Под действием центробежных сил угловые выступы коллекторных пластин

отгибаются и не могут удержать пластины. Поэтому для быстроходных машин применяется другая конструкция коллектора, показанная на рис. 57. На коллекторные пластины *2*, собранные в кольцо и спрессованные, надевают в горячем состоянии два бандажных стальных кольца *6*. Изоляция колец от пластин осуществляется при помощи миканита *4*. Пластины изолированы от вала миканитовым цилиндром *3*. Щетки устанавливаются между кольцами. В кольцах проточены канавки *7* для балансировочных грузов. В процессе работы коллектор нагревается, и пластины стремятся удлиниться. При этом развиваются такие большие усилия, которые могли бы нарушить правильную цилиндрическую форму коллектора. Поэтому между торцом коллектора и гайкой *9*, запирающей его на валу, вставлена пружинная шайба *8*, выточенная из стали. При расширении пластин шайба сжимается и компенсирует расширение пластин. Пружинная шайба изолирована от пластин изоляционным кольцом *1*. Для соединения с проводниками обмотки в пластины впаяны медные ленточные петушки *5*.

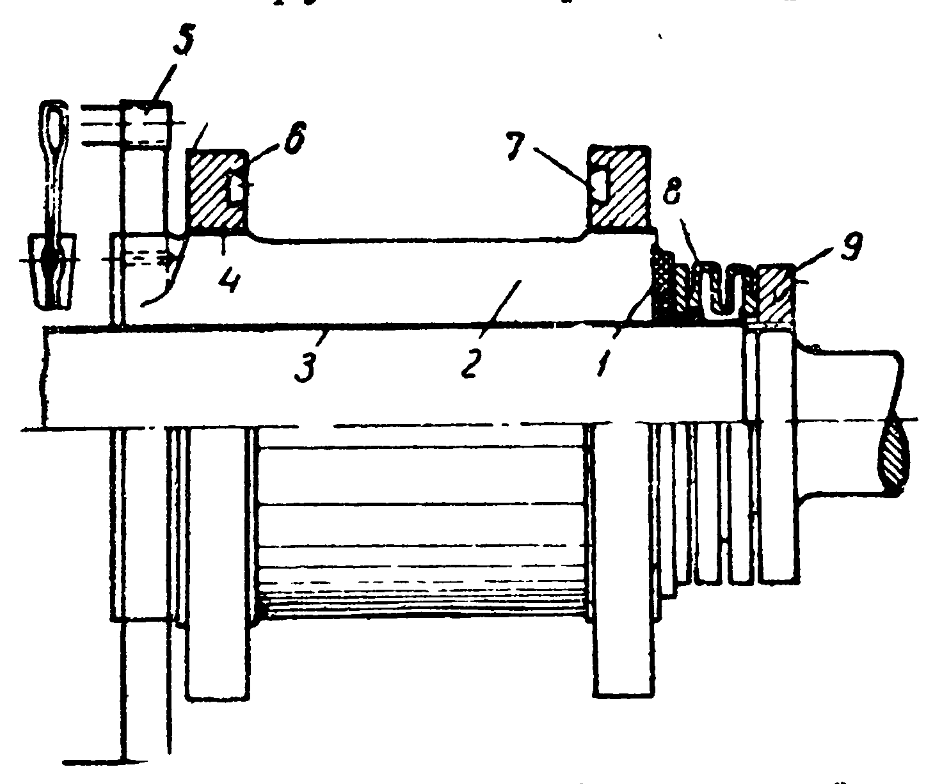
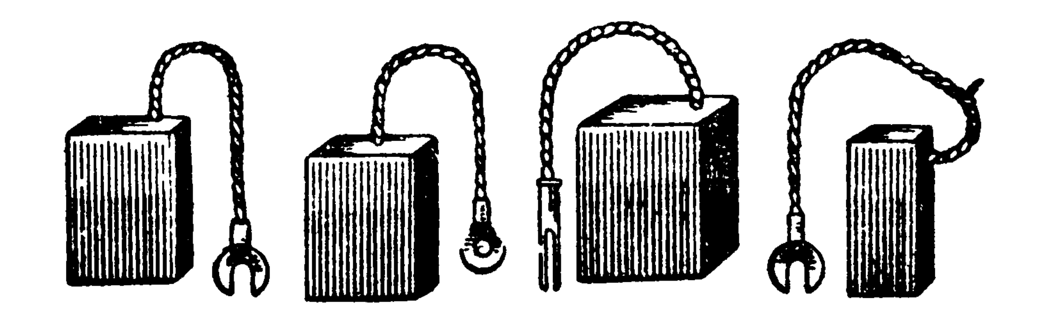


Рис. 57. Коллектор быстроходной машины

После сборки коллектора края миканитовых манжет выступают из пластин. Если их оставить незащищенными, то при вращении коллектора чешуйки слюды отделяются и миканит начнет разрушаться. Для предохранения краев миканитовых манжет от разрушения их обматывают полотняной лентой, которую покрывают электроэмалью.

## § 4. ЩЕТКИ И ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛИ

В первых электрических машинах щетки представляли собой пакет, собранный из медных пластинок или тонких проволочек, откуда они и получили свое название. Щетки современных машин — это кубики, спрессованные из угольных, графитных или медных порошков (рис. 58), и поэтому не соответствуют своему названию, которое, однако, сохранилось за ними.


Рис. 58. Щетки

Щетки изготовляются различных марок и характеризуются твердостью, переходным падением напряжения в контакте и допустимой плотностью тока. Технические данные наиболее употребительных марок щеток приведены в табл. 5.

*Таблица 5*

**Техническая характеристика щеток для электрических машин**

| Класс щеток | Марка | Номинальная плотность тока, *а/см²* | Максимальная окружная скорость, *м/сек* | Удельное нажатие, *г/см²* | Переходное падение напряжения на пару щеток, *в* |
|---|---|---|---|---|---|
| Угольно-графитные . . . | Т2 | 6 | 10 | 200—250 | 1,5—2,5 |
| | Т6 | 6 | 10 | 200—250 | 1,5—2,5 |
| | УГ2 | 8 | 15 | 200—250 | 1,6—2,4 |
| | УГ4 | 7 | 12 | 200—250 | 1,6—2,6 |
| Графитные . . . . . . | Г1 | 7 | 12 | 200—250 | 1,7—2,7 |
| | Г2 | 8 | 15 | 200—250 | 1,2—2,2 |
| | Г3 | 11 | 25 | 200—250 | 1,5—2,3 |
| | Г6 | 9 | 18 | 200—250 | 1,6—2,8 |
| | Г8 | 11 | 25 | 200—300 | 1,5—2,3 |
| Электрографитированные . . . . . . . | ЭГ2 | 10 | 25 | 200—250 | 2,15—3,35 |
| | ЭГ2А | 10 | 45 | — | 2,0—3,2 |
| | ЭГ4 | 12 | 40 | 150—200 | 1,6—2,4 |
| | ЭГ5 | 12 | 40 | — | 1,8—3,0 |
| | ЭГ8 | 10 | 40 | 200—400 | 1,9—2,9 |
| | ЭГ9 | 10 | 40 | — | 2,4—3,4 |
| | ЭГ10 | 9 | — | 200—250 | 1,8—3,0 |
| | ЭГ11 | 11 | 40 | — | 2,5—3,5 |
| | ЭГ12 | 11 | 40 | — | 2,5—3,5 |
| | ЭГ13 | 11 | 40 | — | 2,5—3,5 |
| | ЭГ14 | 11 | 40 | 200—400 | 2,0—3,0 |
| | ЭГ83 | 9 | 45 | 175—220 | — |
| | ЭГ84 | 9 | 45 | — | 2,5—3,5 |
| Медно-графитные . . . | М1 | 15 | 25 | 150—200 | 1,0—2,0 |
| | М3 | 12 | 20 | 150—200 | 1,4—2,2 |
| | М6 | 15 | 25 | 150—200 | 1,0—2,0 |
| | М20 | 12 | 20 | 150—200 | 1,0—1,8 |
| | МГ | 20 | 20 | 180—230 | 0,1—0,3 |
| | МГ2 | 20 | 20 | 180—230 | 0,3—0,7 |
| | МГ4 | 15 | 20 | 200—250 | 0,6—1,6 |
| | МГ6 | 18 | 20 | 200—250 | 0,6—1,4 |
| | МГС5 | 15 | 35 | — | Не более 2,0 |
| | МГС6 | 15 | 25 | — | Не более 2,0 |
| Бронзо-графитные . . . | МГС | 20 | 20 | — | Не более 0,4 |
| | БГ | 20 | 20 | 170—220 | 0,2—0,4 |

Щетки в процессе работы истираются, и высота их уменьшается. Величина допустимого износа определяется устройством щеткодержателя. Верхняя часть щетки омедняется для получения лучшего контакта между щеткой и стенкой обоймы щеткодержателя. Для передачи тока от щетки к зажиму щеткодержателя в щетку запрессован один или два гибких медных канатика, к которым припаивается медный кабельный наконечник.

В машинах постоянного тока щетки должны быть равномерно расположены по окружности коллектора и установлены в таких местах, где искрение при работе машины будет наименьшее. Для поворота щеток служит траверса, в которой закрепляются концы щеточных пальцев. Траверса представляет собой отливку, которая надевается на заточку подшипникового щита. Разрезное кольцо траверсы затягивается болтом. Когда болт отвернут, ее легко можно поворачивать на подшипниковом щите. После установки щеток болт завертывают до отказа, и траверса неподвижно сидит на заточке подшипникового щита. По окружности траверсы расположены приливы, число которых равно числу полюсов. В приливах профрезерованы пазы, в которые плотно вставляются пальцы, закрепленные двумя болтами.

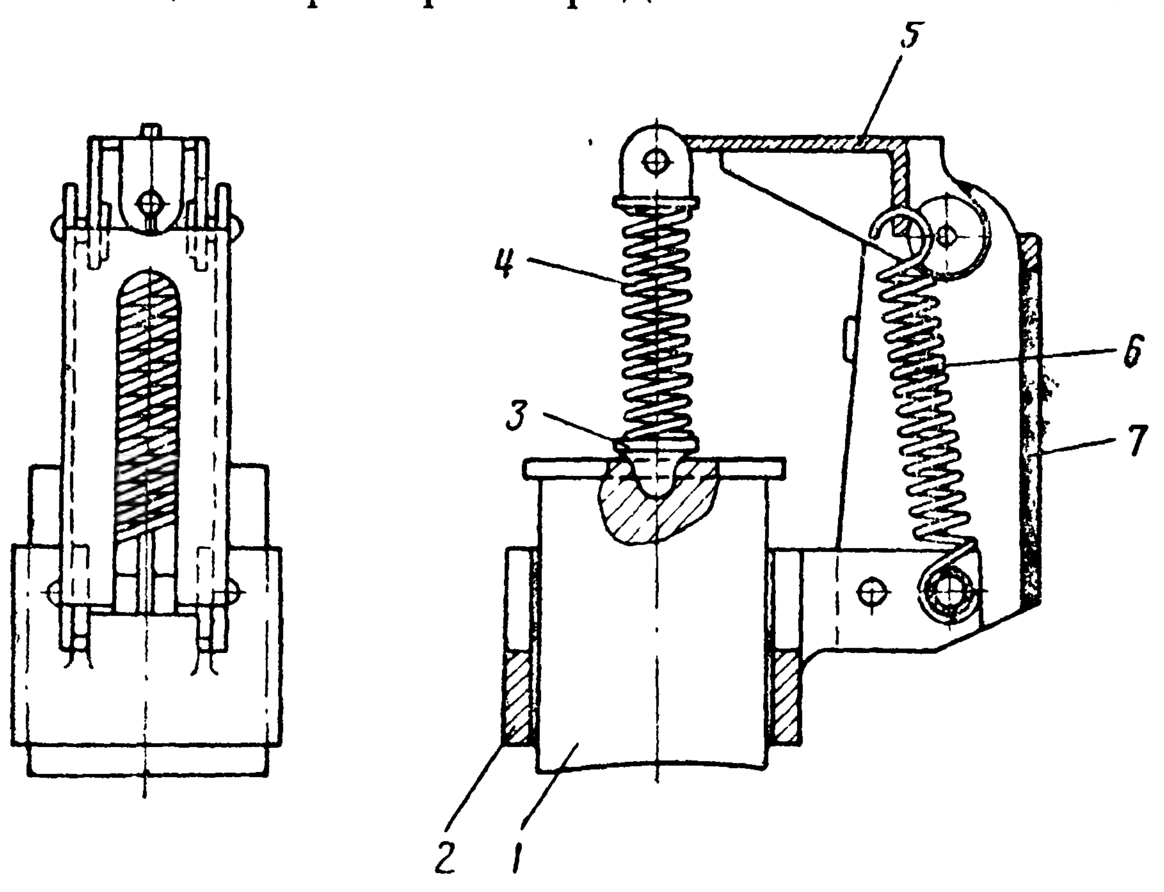


Рис. 59. Радиальный щеткодержатель

Щеткодержатель служит для того, чтобы удерживать щетки в требуемом положении и создавать давление между щеткой и коллектором. От качества сборки и установки щеткодержателей в значительной степени зависит отсутствие искрения на коллекторе. Каждый щеткодержатель имеет пружину, которая давит на щетку через систему рычагов. Давление должно передаваться эластично, без заеданий и заклиниваний щетки. В щеткодержателях машин постоянного тока щетка свободно скользит в обойме щеткодержателя. Между щеткой и обоймой не должно быть большого зазора, так как это ведет к заклиниванию щетки

в обойме за счет ее перекашивания. Щеткодержатели машин постоянного тока по устройству разделяются на радиальные и реактивные.

На рис. 59 показан радиальный щеткодержатель. Он получил такое название потому, что ось щетки направлена по продолжению радиуса коллектора. Радиальные щеткодержатели применяются в реверсивных машинах, т. е. таких, которые при работе изменяют направление вращения. Давление на щетку *1* создается пружиной *6* и передается через рычаг *5* и пружину *4*, которая играет роль буфера и обеспечивает эластичность работы щеткодержателя. Верхний конец пружины *4* шарнирно соединен с рычагом *5*. В нижний конец пружины ввернута на резьбе фарфоровая кнопка *3*, которая вставляется в отверстие, просверленное в щетке. Кнопка сделана фарфоровой для того, чтобы ток от щетки не мог протекать через пружину. Это вызвало бы нагревание пружины и потерю упругости. Ток от щетки отводится по гибкому канатику, сплетенному из тонких медных нитей, к пальцу щеткодержателей. Щетка вставлена в обойму *2*, которая отлита из латуни и приклепана к корпусу щеткодержателя *7*, представляющему собой коробочку, выштампованную и согнутую из листовой стали. Корпус при помощи двух винтов крепится к пальцу щеткодержателей. В стенке корпуса сделан продолговатый паз, что позволяет опускать щеткодержатели по мере изнашивания коллектора. Таким образом, расстояние между коллектором и щеткодержателями остается неизменным.

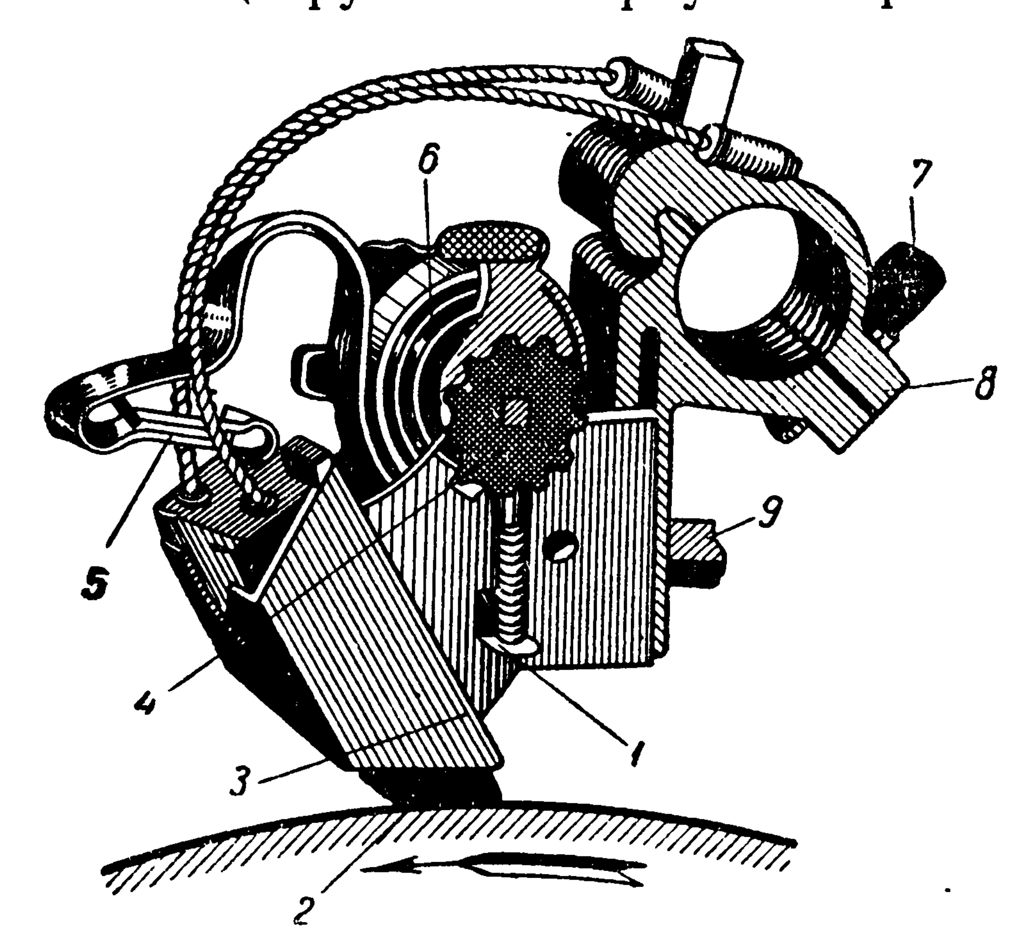


Рис. 60. Щеткодержатель реактивного типа

В машинах с постоянным направлением вращения обычно применяют реактивные щеткодержатели, у которых щетка наклонена по отношению к радиусу коллектора. Наклон щетки должен быть по ходу коллектора, как показано на рис. 60. При такой установке щетка *2* под действием реакций сил давления пружины и трения прижимается к передней стенке *3* и не опрокидывается. Отсюда реактивный щеткодержатель и получил свое название.

Реактивный щеткодержатель имеет пружину *6*, намотанную из стальной или бронзовой ленты, которая регулируется при

помощи поворота оси с зубчатым колесиком *4* на конце. С этой осью скреплен внутренний конец пружины. Зубчатое колесико запирается пружинным штифтом *1*. Другой конец пружины *5* согнут в колечко и давит на щетку. В процессе работы машины коллектор срабатывается, и расстояние между ним и щеткодержателем увеличивается. Поэтому корпус щеткодержателя допускает перестановку его в пазах держателя после отвертывания винта *9*. Щеткодержатель закрепляется на щеточном пальце при помощи разъемного хомутика *8*, стягиваемого винтом *7*.

## § 5. ПОЛЮСА И ПОЛЮСНЫЕ КАТУШКИ

Главные полюса в машинах постоянного тока служат для образования магнитного потока при помощи надетых на них катушек, через которые протекает электрический ток. Устройство

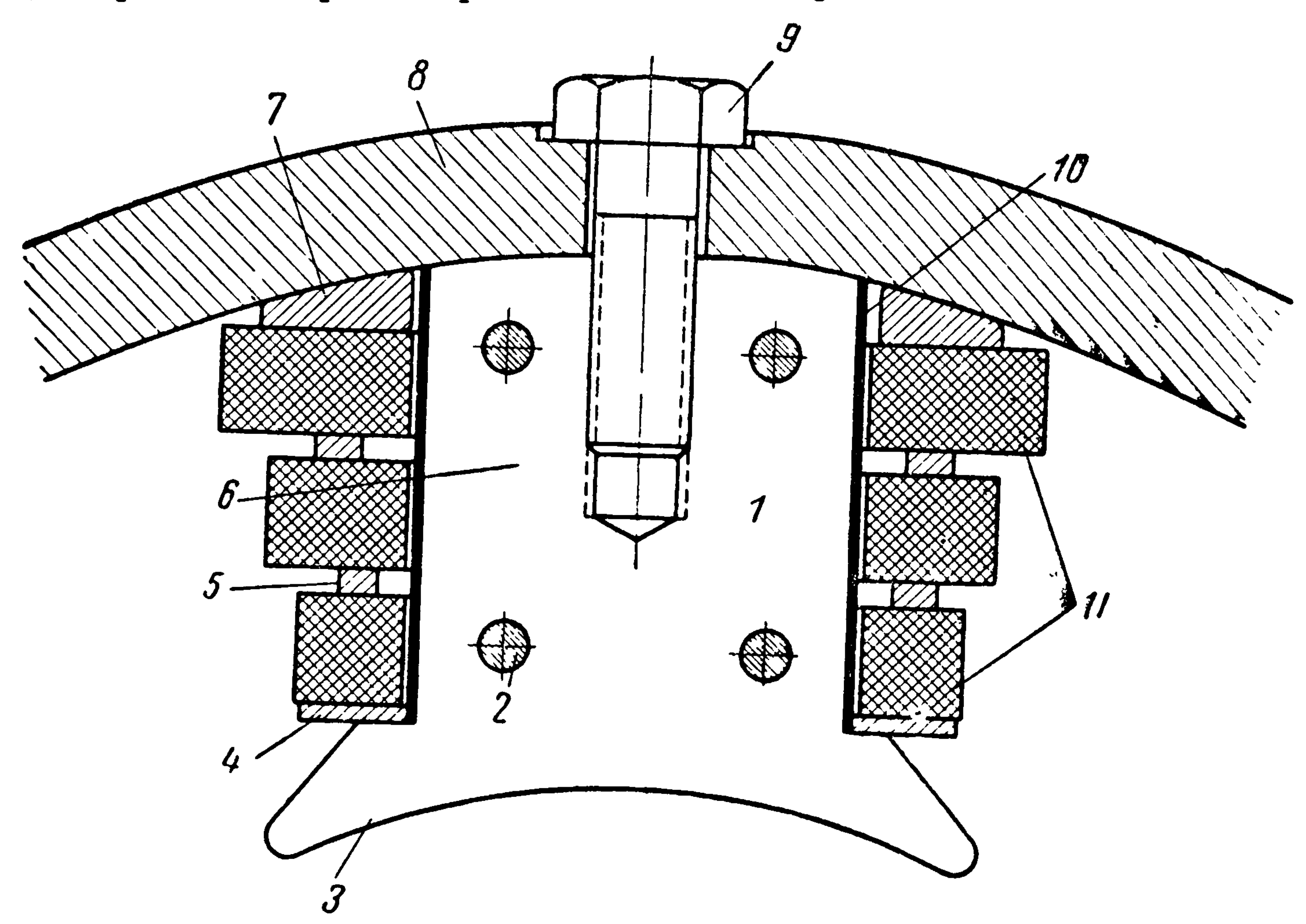



Рис. 61. Главный полюс с катушкой

главного полюса показано на рис. 61. Он собран из штампованных листов стали *1* толщиной от 0,5 до 1,5 *мм*. Листы скреплены заклепками *2*, головки которых помещаются в конических углублениях крайних листов толщиной от 4 до 6 *мм*. Нижняя, расширенная часть *3* полюса называется полюсным башмаком, а верхняя *6* — сердечником полюса.

Крепление к станине *8* осуществляется болтами *9*, которые проходят сквозь отверстия в стенке станины и ввертываются в отверстия с резьбой в сердечнике полюса.

На полюса надевают катушки, которые в зависимости от тока, протекающего по ним, наматываются или из тонкого провода или из медных шин. Катушка главного полюса на рис. 61

намотана из круглого изолированного провода. Для лучшего охлаждения она разделена на отдельные секции *11*, между которыми установлены распорки *5*. Каждая секция катушки после намотки изолирована лентой и пропитана в асфальтовом лаке. Для поддерживания катушки на башмак главного полюса положен металлический фланец *4*. Катушка должна сидеть на полюсе плотно, поэтому сверху кладут прокладки *7*. Для предохранения изоляции катушки от повреждения при надевании ее на полюс сердечник полюса обертывают электрокартоном *10*.

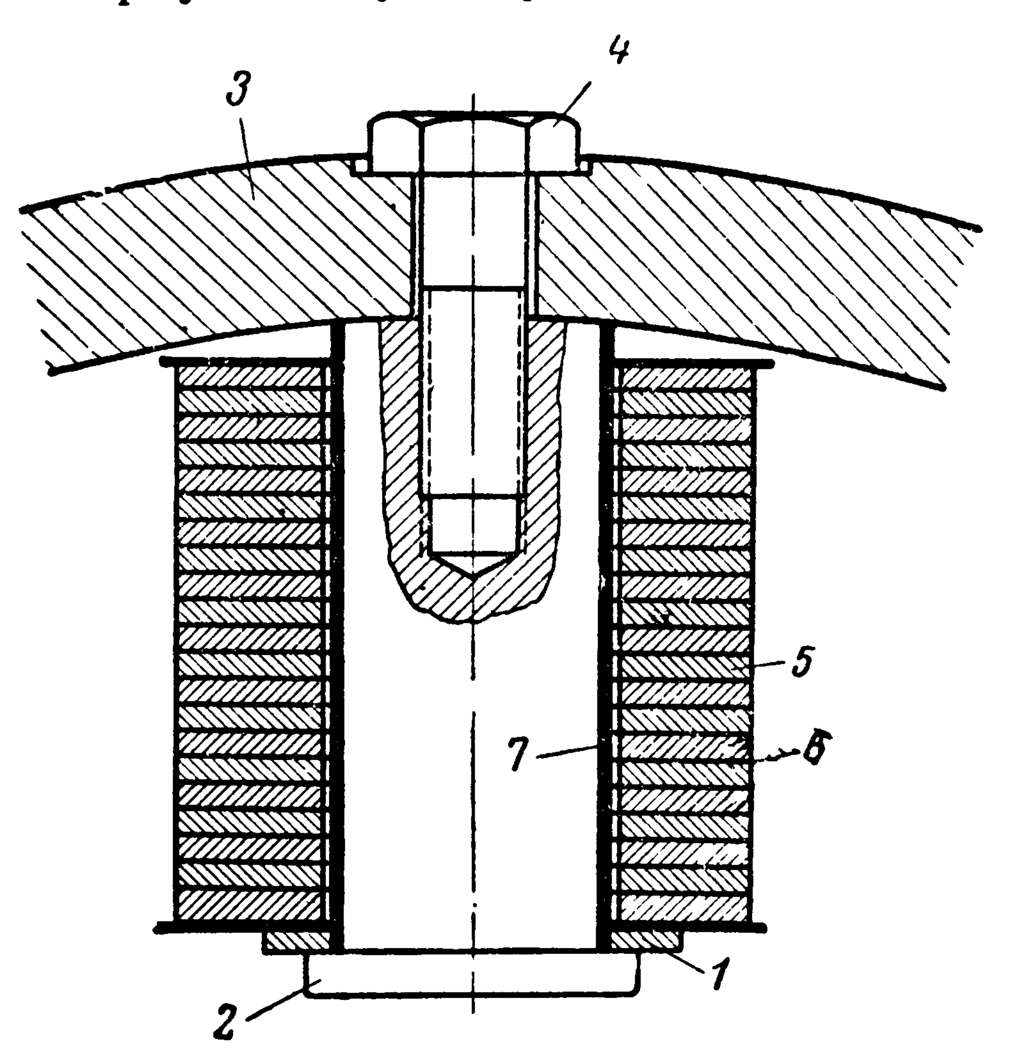


Рис. 62. Дополнительный полюс с катушкой

Машины постоянного тока мощностью свыше 1 *квт* строятся с дополнительными полюсами (рис. 62), которые предназначены для того, чтобы уменьшать искрение под щетками. В отличие от главных дополнительные полюса почти всегда делают массивными, из поковок или отливок. Полюсные башмаки *2* дополнительных полюсов представляют собой небольшие выступы, на которых держатся фланцы *1* полюсных катушек. Только в самых мощных машинах постоянного тока дополнительные полюса собирают из штампованных листов. Крепление дополнительных полюсов к станине *3* производится болтами *4* так же, как и крепление главных полюсов.

Катушки дополнительных полюсов всегда соединяют последовательно с якорем и через них проходит весь ток якоря. Поэтому их наматывают из медных шин *5*. На рис. 62 катушка дополнительного полюса намотана на ребро, т. е. на узкую сторону медной шины. Изоляцией между витками служат асбестовые прокладки *6*, пропитанные изоляционным лаком. Для лучшего охлаждения катушка снаружи не изолирована, а на сердечник полюса наложена прессованная миканитовая изоляция *7*.

## *Глава V*

# УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

## § 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Для управления работой электродвигателей, генераторов и электрических сетей применяют различного рода электрические аппараты. Они служат для включения и выключения объектов электрооборудования и отдельных участков сети, для регулировки тока в обмотках при пуске и работе электродвигателей и генераторов, для защиты их от перегрузки и коротких замыканий, для изменения скорости и направления вращения. Электрические аппараты используют также для автоматизации технологических процессов, разного рода специальных целей, как, например, электрической контактной сварки, захватывания деталей в процессе обработки, сигнализации и управления производством и т. д.

Электрические аппараты по своему применению и устройству разделяются на неавтоматические и автоматические.

В зависимости от напряжения сетей, в которые аппараты включаются, различают аппараты низкого напряжения и аппараты высокого напряжения.

Аппараты низкого напряжения в зависимости от назначения могут быть разделены на следующие основные группы:

1) неавтоматические выключатели (рубильники, переключатели, пакетные выключатели и др.), которые осуществляют ручное включение, отключение и переключение силовых цепей низкого напряжения;

2) предохранители низкого напряжения, предназначенные для защиты силовых цепей и объектов электрооборудования от больших токов короткого замыкания и токов перегрузки;

3) сопротивления, реостаты и контроллеры, предназначенные для регулирования в электрических машинах и цепях токов и напряжений;

4) автоматические воздушные выключатели (автоматы), обеспечивающие автоматическую защиту силовых цепей от токов короткого замыкания, токов перегрузок, от исчезновения или снижения напряжения и осуществляющие не частые включения и отключения силовых цепей;

5) контакторы и пускатели, применяемые для частых включений и выключений силовых цепей в нормальном режиме; они позволяют осуществлять дистанционное и автоматическое управление электрическими машинами и аппаратами;

6) командоаппараты, производящие различные переключения в цепях управления; сюда относятся кнопочные посты, универсальные переключатели, командоконтроллеры и т. д.;

7) тормозные и подъемные электромагниты, которые служат для управления работой электрических тормозов и транспортировки стальных материалов и деталей;

8) электромагнитные муфты управления, используемые для соединения непрерывно вращающихся валов машин-орудий с электродвигателями, а также торможения и изменения направления вращения;

9) стабилизаторы, которые поддерживают на заданном уровне ток, напряжение, мощность электрических силовых цепей;

10) реле, выполняющие автоматическое управление цепями управления и защищающие электросеть и механизмы от нарушений нормального режима работы;

11) регуляторы, осуществляющие непрерывное автоматическое поддержание на заданном уровне или изменение по заданному закону тока, напряжения, частоты, мощности, скорости и других параметров управляемых объектов электрооборудования.

К аппаратам высокого напряжения относятся:

1) масляные выключатели, которые производят включение и отключение объектов электрооборудования и электрических цепей высокого напряжения под нагрузкой, а также отключение их при коротких замыканиях;

2) безмасляные выключатели, в которых гашение дуги производится сжатым воздухом или газами, выделяемыми под действием высокой температуры стенками дугогасительной камеры, выполненной из фибры или органического стекла;

3) выключатели нагрузки, предназначенные для отключения только токов нагрузки, но не токов короткого замыкания;

4) разъединители для внутренних и наружных установок, предназначенные для отключения обесточенных участков сети, на которых должна производиться работа;

5) предохранители высокого напряжения с наполнением трубки кварцевым песком.

Неавтоматические аппараты приводятся в действие оператором. Автоматические аппараты также могут требовать воздействия оператора для начала действия, но после этого весь процесс переключений выполняют автоматически. Автоматические

аппараты могут приводиться в действие и без участия оператора, в зависимости от каких-либо изменений в управляемых объектах, например изменения тока или напряжения в сети, давления в котле, температуры в печи и т. д.

Автоматическая аппаратура может быть разделена на четыре группы:

1) аппараты, выключающие и включающие ток в силовых цепях и действующие в зависимости от изменения электрических параметров управляемой цепи или в результате воздействия на них других аппаратов; основными аппаратами этой группы являются контакторы;

2) аппараты, реагирующие на изменение параметров электрической цепи и воздействующие на цепи управления других аппаратов с целью автоматизации их работы; к этой группе относятся различные реле;

3) аппараты, посредством которых оператор может воздействовать на цепи управления других аппаратов (контакторов, реле) с целью начала и окончания или изменения режима управления; эта группа объединяет так называемые командоаппараты; к ним относятся также аппараты, кинематически связанные с рабочей машиной и воздействующие на цепи управления в зависимости от положения машины (конечные выключатели);

4) аппараты, осуществляющие поддержание или изменение параметров управляемых объектов (регуляторы, стабилизаторы).

## § 2. РУБИЛЬНИКИ, ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ И ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Рубильники предназначены для ручного включения и выключения двигателей, генераторов и отдельных участков сети. В зависимости от схемы, они могут быть однополюсными, двухполюсными и трехполюсными.

По способу монтажа рубильники бывают *с передним и задним присоединением проводов*. В первом случае контактные зажимные винты помещают на лицевой стороне панели, а во втором случае — с задней стороны.

По способу управления различают *рубильники с центральной рукояткой и с рычажным приводом* для установки на задней стороне панели.

Всякое отключение цепи под напряжением связано с образованием электрической дуги. Дуга обладает высокой температурой и вызывает обгорание контактов. Поэтому в рубильниках на большие токи предусматриваются дополнительные разрывные контакты, защищающие от обгорания главные контакты. При отключении цепи рубильником с центральной рукояткой возможен ожог руки оператора электрической дугой. Поэтому по условиям техники безопасности рубильники с открытыми ножами и с центральной рукояткой можно применять только в уста-

новках напряжением до 220 *в*. В установках на 380 и 500 *в* рубильники с открытыми ножами должны иметь защитные кожухи. Однако кожухи не всегда надежно защищают руки от ожога, так как в них имеется щель для передвижения рукоятки. Поэтому полная безопасность достигается только в рубильниках с рычажным приводом (см. рис. 17).

На рис. 63 показано устройство рубильника Р-5 трехфазного тока с центральной рукояткой, с задним присоединением проводов. Рубильник рассчитан на ток 1000 *а* при напряжении 500 *в*. Каждый полюс рубильника состоит из двух контактных стоек *2*

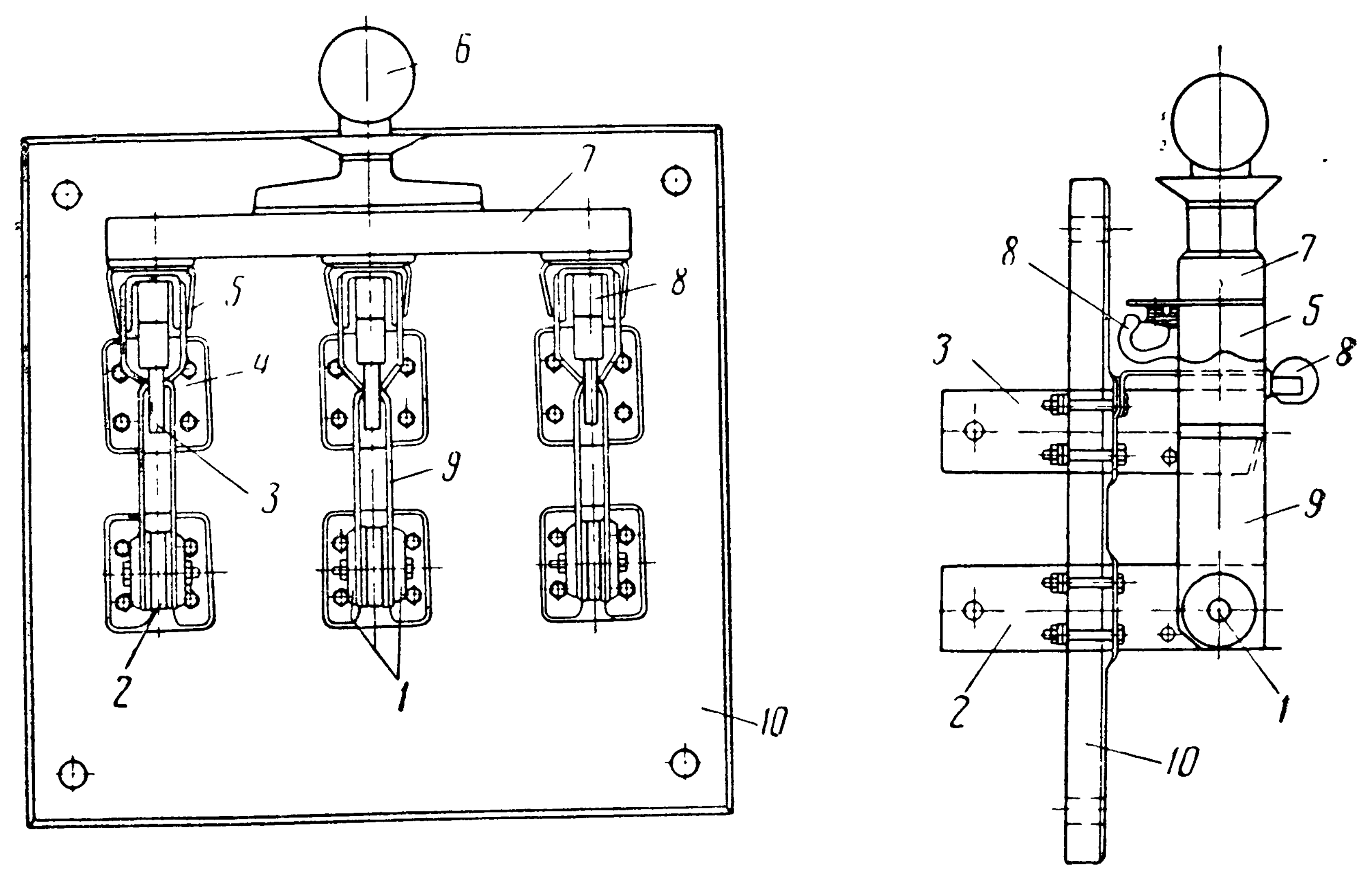



Рис. 63. Рубильник Р-5

и *3*, пропущенных через изоляционную плиту *10*. Контактный нож представляет собой две полосы *9*, которые с обеих сторон охватывают контактные стойки. Ножи и контактные стойки соприкасаются по линиям, для чего в ножах выдавлены полуцилиндрические выступы — прямолинейный *4* против верхней стойки и кольцевой против нижней, обеспечивающий положение ножа относительно нижней шарнирной стойки. Давление между ножами и стойками создается пружинными шайбами *1*, расположенными у шарнирной стойки, и стальной пружинящей скобой *5*, охватывающей обе полосы ножа и расположенной у верхней стойки. Три ножа соединены между собой траверсой *7* из изоляционного материала, в середине которой укреплена рукоятка *6*. При отключении дуга возникает между разрывными угольными контактами *8*, благодаря чему ножи и стойки защищены от обгорания.

Обычно каждый рубильник объединяется на одной панели с

плавкими предохранителями. Принцип действия плавкого предохранителя заключается в том, что при увеличении тока в линии выше установленного предела перегорает плавкая вставка предохранителя и цепь разрывается. Плавкие предохранители надежно защищают участки цепи при коротких замыканиях. Такие предохранители состоят из металлической плавкой вставки, поддерживающего ее контактного устройства и корпуса. Плавкие вставки изготовляют из свинца, сплавов свинца с оловом, цинка, алюминия, меди, серебра и других металлов. Свинец и его сплавы характеризуются низкой температурой плавления и малой электропроводностью. Поэтому вставки из свинца имеют большое сечение. Цинковые вставки лучше свинцовых, так как меньше окисляются на воздухе. Медь и серебро имеют высокую температуру плавления и электропроводность, поэтому сечение их мало. Недостатком медных вставок является высокая температура плавления. Вследствие этого они могут длительно выдерживать большой ток, нагревающий контакты и корпус предохранителя. Для снижения температуры плавления медных вставок на них наплавляют небольшие шарики из олова или свинца, которые называются металлическими растворителями.

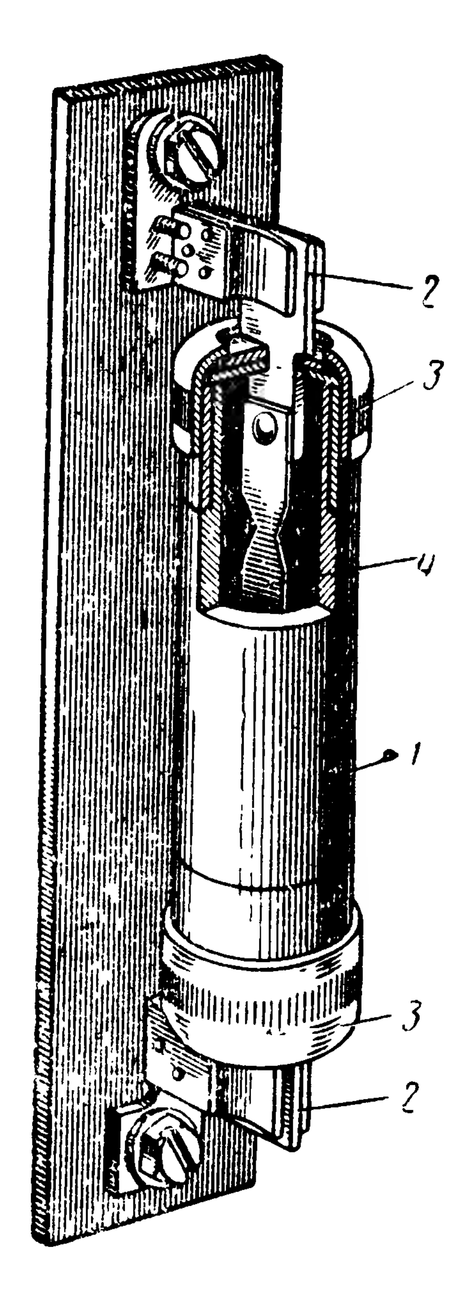


**Рис. 64. Плавкий предохранитель ПР**

Предохранитель ПР, применяемый в установках напряжением до 1000 *в*, представлен на рис. 64. Он состоит из фибровой трубки *1* с навернутыми на нее латунными головками *3*. Цинковая плавкая вставка *4* представляет собой пластинку прямоугольного сечения, имеющую несколько сужений для более быстрого перегорания. Пластинка привернута винтами к медным ножам *2*, которыми предохранитель вставляется в пружинные губки на панели. При перегорании плавкой вставки и образовании внутри трубки дуги под действием высокой температуры небольшое количество фибры разлагается и переходит в газообразное состояние. Эти газы обладают высокими дугогасящими свойствами, поэтому дуга в трубке быстро гаснет.

В высоковольтных установках применяют предохранители ПК и ПКТ, у которых трубка наполнена кварцевым песком, а плавкая вставка состоит из нескольких тонких медных проволок с наплавленными на них свинцовыми шариками для ускорения перегорания. При расплавлении вставки дуга горит в узком канале, образованном в песке после расплавления проволок. Тесное соприкосновение дуги с кварцем ускоряет ее гашение.

Для низковольтных установок малой мощности применяют плавкие предохранители резьбового типа (см. рис. 16), которые известны под названием пробок. В них тонкая медная проволочка припаяна к резьбе и центральному колпачку сменного элемента, который ввертывается в корпус предохранителя.

В силовых ящиках ЯСБ трубчатые предохранители ПР играют роль ножей рубильника. Предохранитель при помощи рукоятки на передней стенке ящика может соединяться и разъединяться с губками на задней стенке ящика. При выключении происходит двукратный разрыв искрового промежутка между контактами, что создает хорошее гашение дуги. В отключенном положении предохранитель отделен от токоведущих частей. Это обеспечивает полную безопасность от поражения током при смене патрона предохранителя. Применение силовых ящиков позволяет значительно уменьшить габариты аппарата и повышает безопасность обслуживания.

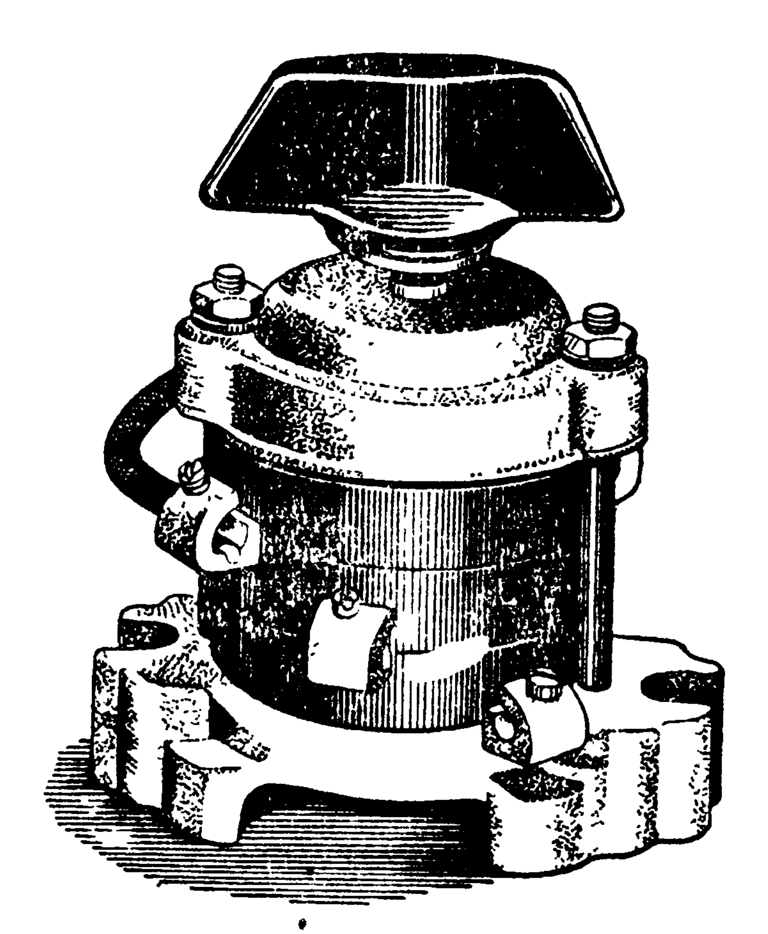


Рис. 65. Пакетный выключатель ПК

В некоторых случаях бывает необходимо разорвать одну цепь и соединить другую. Для этого пользуются переключателями. Нормальный переключатель отличается от обычного рубильника только наличием второго комплекта губок, которые располагаются внизу панели. Одно соединение получается при врубании ножей в верхние губки, а другое при перекидывании ножей вниз. Переключатели снабжают специальным приспособлением, удерживающим ножи в горизонтальном положении при отключенном положении.

Пакетные выключатели и переключатели предназначены для сложных переключений в цепях постоянного и переменного тока при номинальных токах до 100 *а*. Они применяются в качестве пускателей для мелких асинхронных двигателей, групповых выключателей на щитах, переключателей наладки в различных автоматических схемах. Выключатели и переключатели ПК (рис. 65) изготовляют одно-, двух- и трехполюсными; они состоят из отдельных колец-пакетов, выполненных из изолирующего материала. Внутри пакетов помещается контактная система, состоящая из неподвижных и подвижных контактов. Каждый пакет образует один полюс или одну цепь выключателя. Подвижные контакты закрепляют на валике, который поворачивается при помощи рукоятки.

Контактная система каждого полюса образует два разрыва, что препятствует образованию дуги. Выключатель снабжен меха-

низмом мгновенного переключения, обеспечивающим большую скорость размыкания контактов, которая не зависит от скорости вращения валика. Это дает возможность при небольших размерах выключателя отключать значительные токи. Переключаемые цепи присоединяются к контактам, которые расположены по окружности выключателя.

Переключатели отличаются от выключателей конфигурацией подвижных контактов. Они производят до четырех переключений.

## § 3. СОПРОТИВЛЕНИЯ И РЕОСТАТЫ

Для пуска и изменения скорости вращения электродвигателей и напряжения генераторов необходимо регулировать ток в обмотках путем введения дополнительных сопротивлений. Величина этих сопротивлений может быть различной — от долей ома до сотен и тысяч омов. Наибольшее распространение в промышленном электроприводе получили металлические сопротивления. Они имеют различные конструктивные исполнения. На рис. 66, *а* показано сопротивление, представляющее собой тонкую проволоку, намотанную на фарфоровое основание. При большой величине сопротивления проволока наматывается виток к витку, и изоляцией между ними служит слой окиси. Для защиты от коррозии такие сопротивления снаружи покрывают слоем эмали. При большем сечении проволоки сопротивление наматывается в желобки на фарфоровом основании, расположенные по винтовой линии. Если сопротивление выполнено из тонкой проволоки, то выводные концы во избежание обрыва делают из медных жгутиков.

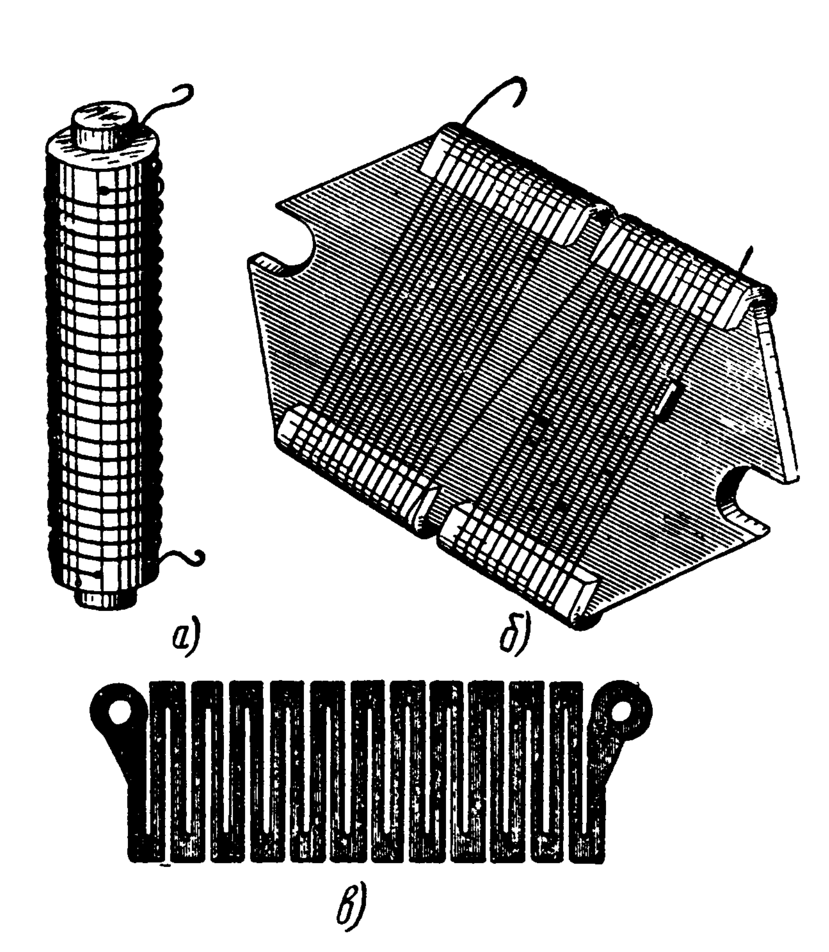


Рис. 66. Сопротивления:
*а* — сопротивление на фарфоровом основании, *б* — сопротивление на каркасе, *в* — элемент чугунного сопротивления

На рис. 66, *б* изображено сопротивление, проволока которого намотана на каркас из листовой стали и изолирована от него фарфоровыми полуцилиндрами, надетыми на края каркаса. В каркасе сделаны вырезы, при помощи которых сопротивления надевают на шпильки и собирают в специальных ящиках из листовой стали.

Для больших токов сопротивления отливают из чугуна в виде зигзагов (рис. 66, *в*) и надевают их на шпильки, изолированные жаростойким миканитом.

Чтобы уменьшить размеры сопротивлений, применяемые для них материалы должны обладать высоким электрическим удельным сопротивлением и длительно выдерживать температуру до 200—300°. Из чистых металлов этими свойствами обладает сталь, но она имеет и существенные недостатки. При нагреве сопротивление стали значительно увеличивается, что исключает возможность ее применения для точных сопротивлений. Кроме того, сталь сильно окисляется на воздухе, особенно при нагреве. Поэтому для проволочных и ленточных сопротивлений обычно применяют сплавы металлов, которые в зависимости от состава делятся на несколько групп.

Сплавы из меди и никеля; в некоторых из них часть никеля заменяет цинк. К этой группе относятся константан, монель, реотан, никелин, нейзильбер. Электрическое удельное сопротивление около 0,4 *ом·мм²/м*. Рабочая температура от 200 до 500°.

Сплавы из меди и марганца, известные под названием манганинов. Удельное электрическое сопротивление около 0,4 *ом·мм²/м*.

Сплавы из хрома и никеля, известные под названием нихромов. Характерным для нихрома является высокое удельное сопротивление, в среднем 1 *ом·мм²/м*, и высокая рабочая температура порядка 1000°. При нагревании нихромовой проволоки на ее поверхности образуется тонкая пленка окиси, предохраняющая ее от дальнейшего окисления. Нихром применяется в основном в нагревательных спиралях для печей сопротивления, паяльников и других приборов. Однако он используется и для высокоомных сопротивлений малых габаритов, например в качестве добавочных сопротивлений к различным электромагнитным катушкам.

Ввиду высокой стоимости нихрома его часто заменяют сплавом из железа, хрома и алюминия, известного под названием фехраля. Он обладает также высоким удельным сопротивлением 1,1—1,2 *ом·мм²/м* и рабочей температурой около 800°.

Набор сопротивлений, снабженных переключающим устройством, называется реостатом (рис. 67, *а*).

По назначению реостаты разделяются на пусковые, пускорегулировочные, регулировочные и нагрузочные.

Пусковые реостаты предназначены для снижения пусковых токов двигателей. Эти реостаты имеют большое сопротивление, но намотаны из относительно тонкой проволоки или ленты. Поэтому их нельзя оставлять включенными на длительное время и после пуска двигателя они должны быть отключены.

Пускорегулировочные реостаты имеют большее сечение сопротивлений. Вследствие этого они служат не только для пуска, но и для снижения скорости вращения двигателей по-

стоянного тока путем включения сопротивлений в цепь якоря.

Регулировочные сопротивления предназначены для регулирования тока или напряжения в электрических цепях. Для регулирования тока возбуждения двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением эти реостаты имеют неболь-

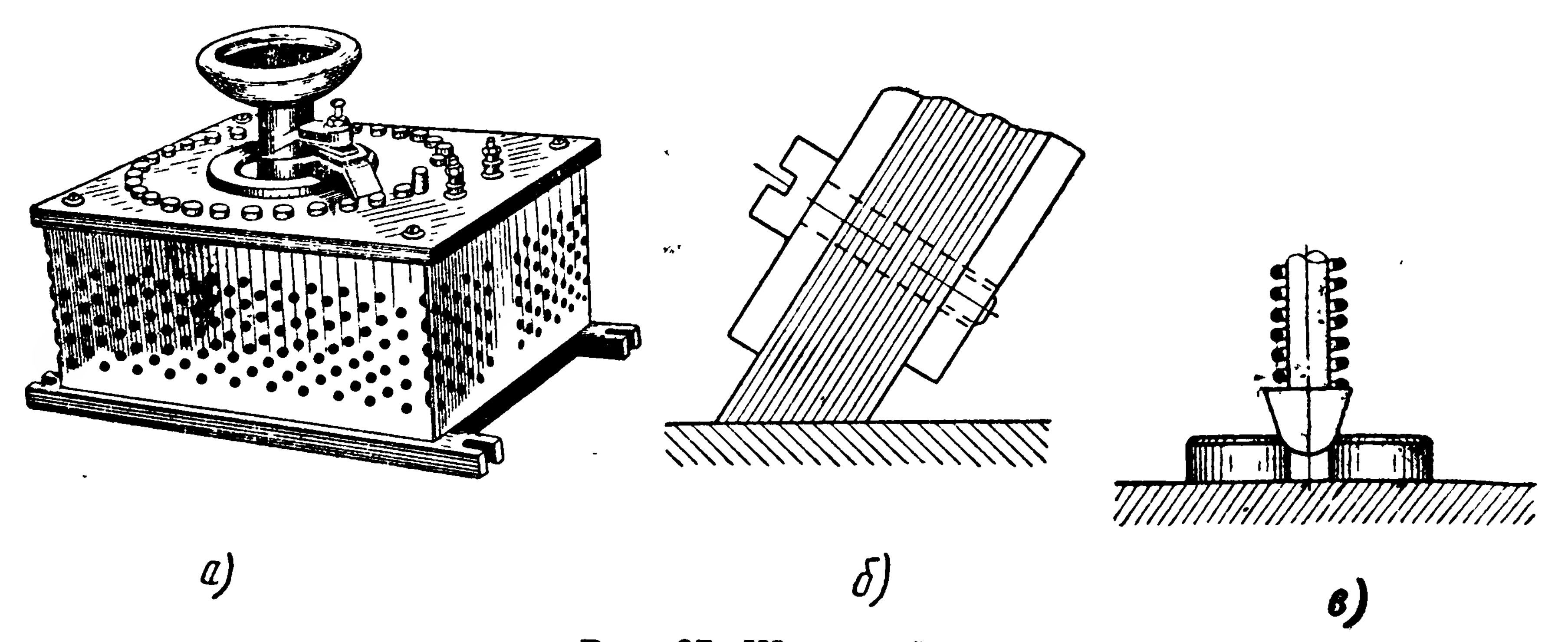



Рис. 67. Шунтовой реостат:
*а* — общий вид реостата, *б* — щеточный контакт, *в* — линейный контакт

шие размеры, так как ток возбуждения составляет 2—4% от тока якоря. Такой реостат изображен на рис. 67, *а*. Выводные концы сопротивления присоединены кнопками к крышке реостата. Переключение сопротивлений производится путем передвижения по кнопкам щетки, состоящей из большого числа тонких медных пластинок, скрепленных при помощи винта толстыми накладками (рис. 67, *б*). Такое устройство щетки сложно и применяется только в реостатах с редким переключением сопротивлений.

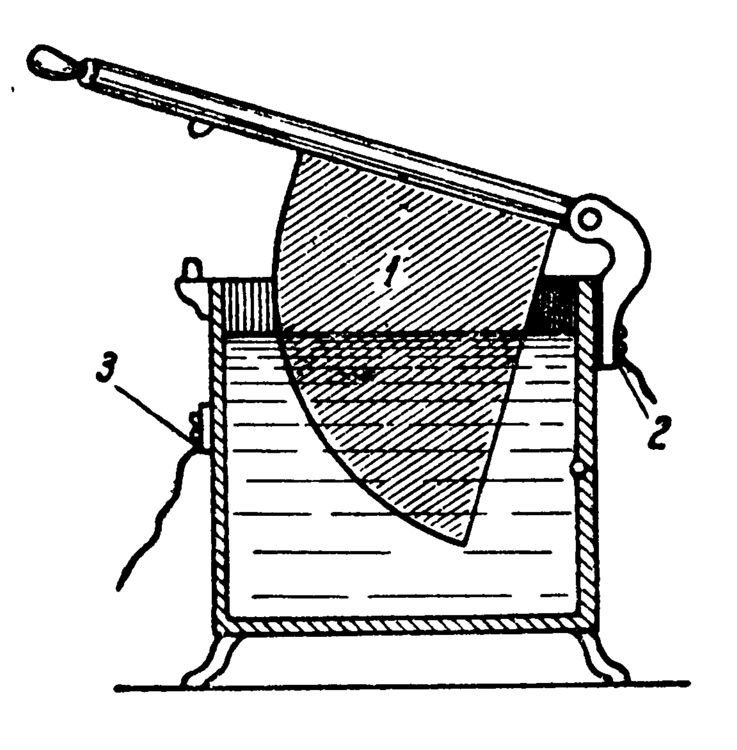



Рис. 68. Жидкостный реостат

В современных реостатах применяются штампованные щетки из медной полосы, прижимаемые к кнопкам усилием пружины (рис. 67, *в*). Такая щетка может работать как на плоских, так и на сферических кнопках. При этом отпадает необходимость протачивать поверхность кнопок, так как щетка самоустанавливающаяся и под действием пружины обязательно прилегает к двум соседним кнопкам. Изгстовление и уход за переключателями таких реостатов проще и надежнее.

Во взрывоопасных помещениях элементы сопротивлений и скользящие контакты переключателей помещают в бак с маслом

для предохранения от образования открытой искры при разрывах цепи.

В качестве нагрузочных реостатов при испытаниях генераторов применяют жидкостные реостаты (рис. 68), у которых в качестве сопротивления служит подкисленная вода или содовый раствор. Сопротивление меняется по мере погружения ножа *1* в жидкость. При включении жидкостных реостатов в цепь постоянного тока надо положительный полюс подключить к зажиму *2*, соединенному с ножом, а отрицательный полюс — к зажиму *3*, соединенному со стенкой бака. Таким образом, уменьшается процесс разъедания бака под влиянием электролиза.

## § 4. КОНТРОЛЛЕРЫ

Контроллер представляет собой электрический аппарат, при помощи которого в процессе управления электрическими машинами постоянного и переменного тока изменяют включенные в цепь величины сопротивлений, а также схему соединений силовой цепи и цепи возбуждения. Таким образом, при помощи контроллера можно пускать и останавливать двигатель, регулировать скорость его вращения, изменять направление вращения, переключать соединение нескольких двигателей с последовательного на параллельное соединение и тормозить вращение двигателей.

Контроллеры нескольких независимых двигателей соединяют при помощи механической передачи и управляют ими одной рукояткой. Так, например, в крановых установках одной рукояткой можно управлять двигателями передвижения моста крана и тележки, причем движения рукоятки соответствуют направлению движения крюка. В трамвайных контроллерах для переключения с прямого хода на обратный надо отпереть блокировочный механизм при помощи специального ключа. Этим устраняется возможность переключения двигателя с полного хода на обратный, которое может вызвать поломку двигателя и несчастные случаи с пассажирами.

Контроллер конструктивно представляет собой переключающее многоступенчатое устройство в виде отдельного аппарата, не связанного в одно целое с сопротивлениями. Этим он отличается от реостата. Такое разделение позволяет уменьшить размеры аппарата и сделать управление им более удобным.

В зависимости от конструкции контактного устройства контроллеры разделяются на плоские, барабанные и кулачковые.

Плоский контроллер представляет собой панель из изоляционного материала, на которой расположено несколько рядов кнопок, соединенных с элементами сопротивлений. По

этим кнопкам скользят щетки, укрепленные на траверсе. Передвижение траверсы может быть осуществлено от электродвигателя посредством ходового винта.

Плоские контроллеры могут иметь большее число ступеней, чем барабанные и кулачковые контроллеры. Они применяются для регулирования возбуждения генераторов и двигателей. При наличии привода от электродвигателя можно осуществить дистанционное управление контроллером.

Барабанные контроллеры имеют контакты, расположенные на цилиндрической поверхности. Конструкция переключающих устройств обеспечивает более надежное замыкание и размыкание цепи по сравнению с плоскими переключающими устройствами. Поэтому барабанные контроллеры применяются для приводов, требующих управления большими токами при большой частоте включений. Так как в контроллере возможно обгорание контактов, то в конструкции предусмотрена быстрая смена износившихся частей. Для уменьшения обгорания контактов на многих контроллерах устанавливаются дугогасительные катушки, создающие магнитный поток, который растягивает и гасит электрическую дугу.

На рис. 69, *а* дана конструкция барабанного контроллера КТ. На вал контроллера надет разъемный держатель *1*, на котором крепятся кронштейны *2* с сегментами *3* из полосовой меди. Кронштейны соединены между собой в соответствии со схемой. Вал изолирован от сегментов навернутой на него бакелизированной бумагой. На стальной изолированной рейке *7* расположены пальцы *6* с медными сухариками *5* на концах. Пальцы прижимаются к сегментам барабана пружинами *8*. К контроллеру подводятся проводники от внешних цепей, которые крепятся к зажимам на рейке. Управление контроллером производится путем поворота маховичка *9*. В нижней части контроллера расположены сегменты, переключающие главный ток двигателя. Они разделены асбестоцементными перегородками *4* для защиты от переброса дуги при разрывах цепи. Дугогасительных устройств этот контроллер не имеет. Конструкция контроллера обеспечивает 120 включений в час.

На рис. 69, *б* показано устройство элемента контроллера КП. На барабане *13* расположены в определенном порядке сегменты *14*. Провода внешней цепи подключены к зажимам *10*. При поворачивании барабана сегменты попеременно касаются сухариков *12* и производят различные переключения. Сухарики прижимаются к сегментам пружинами *16*. Когда сухарики сходят с сегментов барабана, то опускание их ограничивается упором *15*. Палец предохраняется от перекосов штифтом *17*, а ток к нему подводится от зажима *10* через гибкую медную полоску *18*. Весь механизм пальца опирается на неподвижный держатель *11*, который при помощи хомутика *19* укреплен на изолированной рейке *20*. Концы сегментов скруглены для того, чтобы сухарик

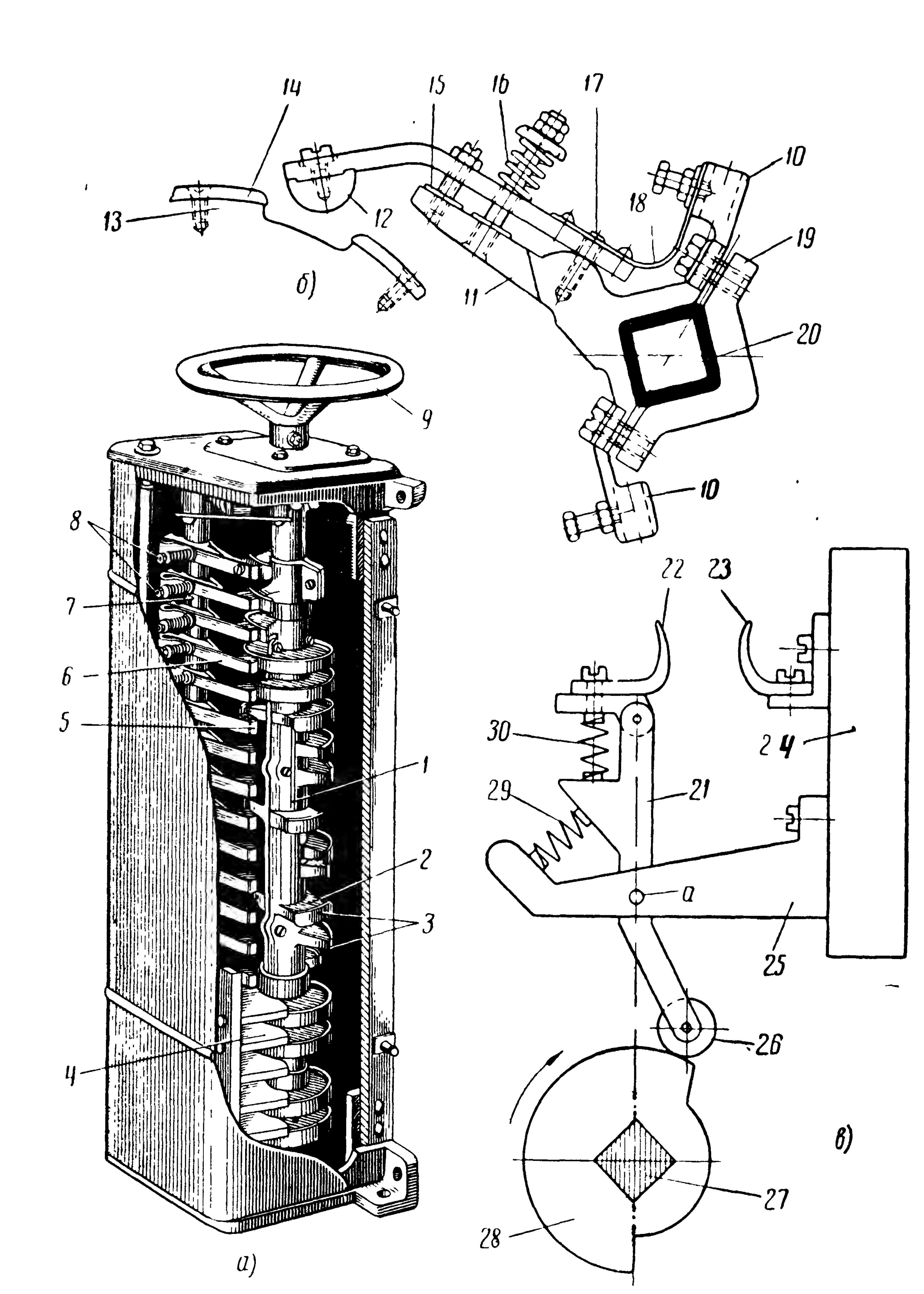



Рис. 69. Контроллеры:

*а* — барабанный контроллер КТ, *б* — элемент барабанного контроллера КП, *в* — схема кулачкового контроллера

находил на сегмент без удара. Сегменты *14* привинчены винтами к чугунным сегментодержателям, которые при помощи хомутиков прикреплены к изолированному валику с рукояткой на конце. В зависимости от требований схемы отдельные сегменты соединены между собой при помощи медных полосок или изолированы от других сегментов.

Если барабан остановится в таком положении, что сухарик пальца не будет касаться сегмента, а расстояние между ними будет небольшим, то между сухариком и сегментом может появиться электрическая дуга, которая расплавит контакты. Для того чтобы избежать таких положений барабана, на нем имеется храповое колесо, а на рейке — пружинная защелка с роликом на конце. Поэтому оператор, вращая рукоятку, чувствует, стоит ли барабан в рабочем или промежуточном положении.

Кулачковые контроллеры снабжены переключающим контактным устройством со стыковыми перекатывающимися контактами, приводимыми в действие при помощи фасонных кулачков. Перекатывающиеся контакты имеют ряд преимуществ по сравнению со скользящими. У них меньше износ, меньше вибраций и оплавления контактов. Поэтому кулачковые контроллеры применяют для двигателей больших мощностей при частоте включений до 600 в час.

Устройство и работу одной из конструкций кулачкового контроллера поясняет рис. 69, *в*. На изоляционной плите *24* укреплены неподвижные контакты *23*. Подвижные контакты *22* закреплены шарнирно на фигурном рычаге *21*, имеющем на противоположном конце ролик *26*. В точке *а,* через которую проходит ось вращения рычага *21,* он связан со стойкой *25*. На валу *27,* опрессованном изоляцией, укреплены кулачковые шайбы *28*, имеющие фасонный профиль. Вал *27*, вращающийся в шариковых подшипниках, укрепленных на дне корпуса контроллера, приводится в действие маховичком, расположенным снаружи на крышке корпуса. При повороте вала *27* кулачковая шайба *28* нажимает на ролик *26*; пока ролик скользит по шайбе, не попав в вырез, имеющийся на ней, контакты *22* и *23* разомкнуты. Как только ролик *26* попадет в вырез, контакты замыкаются под действием пружины *29*. Величина нажатия между обоими контактами регулируется пружиной *30*. Для уменьшения обгорания контактов каждый контактный элемент имеет свою дугогасительную катушку.

В рассмотренной конструкции контроллера контакты замыкаются при помощи пружин, а размыкаются при помощи кулачков. Существуют конструкции контроллеров, в которых контакты замыкаются посредством кулачков, а размыкаются при помощи пружин, а также конструкции контроллеров, в которых и замыкание и размыкание производятся кулачками.

## § 5. МАСЛЯНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

При больших мощностях и высоких напряжениях нельзя разорвать цепь простым рубильником ввиду образования сильной дуги. В таких случаях применяют масляные выключатели, которые служат для включения и отключения машин, трансформаторов и отдельных участков электрических сетей. В масляном выключателе разрыв контактов происходит внутри бака с маслом, которое способствует гашению дуги. Кроме того, в высоковольтных масляных выключателях имеются специальные дугогасящие устройства.

Масляные выключатели подразделяются на выключатели с большим объемом масла (многообъемные) и выключатели с малым объемом масла (малообъемные). В первых масло используется для гашения электрической дуги, возникающей между контактами при отключении, а также для изоляции токоведущих частей друг от друга и от заземленного бака. Во вторых масло используется только для гашения дуги, а изоляция токоведущих частей осуществляется при помощи воздуха и керамических или органических изоляционных материалов.

Многообъемные масляные выключатели на напряжение до 10 *кв* выполняются без специальных дугогасительных устройств и имеют фарфоровые проходные изоляторы. Все три фазы таких выключателей помещаются в одном баке прямоугольной или цилиндрической формы. Выключатели на более высокое напряжение имеют дугогасительные устройства и выполняются трехбаковыми, т. е. каждая фаза располагается в отдельном баке. Для напряжения 35 *кв* на токоведущий стержень по всей длине наложена слоистая изоляция из бакелизированной бумаги, снаружи он закрыт фарфоровой покрышкой. При напряжении 110 *кв* применяются маслонаполненные проходные изоляторы со стеклянным расширителем на внешней части изолятора.

На рис. 70, *а* показано устройство одной фазы многообъемного масляного выключателя МКП-110М на напряжение 110 *кв*. Выключатель помещается в сварном баке *6*, через крышку которого пропущено два маслонаполненных проходных изолятора *4* с расширителями в верхней части. Вокруг стержней в средней части изоляторов помещают обмотки трансформаторов тока *3* для измерения токовой нагрузки выключателя. В середине крышки расположен приводной механизм *5*, который при помощи изолирующей штанги *8* производит передвижение траверсы *9*. На траверсе укреплены подвижные контакты *1*. При опускании ее в нижнее положение, показанное на рисунке пунктиром, происходит выключение. Гашение дуги при разрыве цепи происходит в гасительных камерах 2. В цилиндры *7* помещают сопротивления, шунтирующие контакты в момент разрыва. В днище бака вварена труба с краном для спуска масла. Вокруг стенок бака

помещены изоляционные цилиндры, предохраняющие от переброса дуги на стенки бака. Для осмотров контактной части в стенке бака предусмотрено окно, закрытое крышкой.

На рис. 70, *б* показано устройство гасительной камеры выключателя в отключенном положении. Корпус *13* камеры выпол-

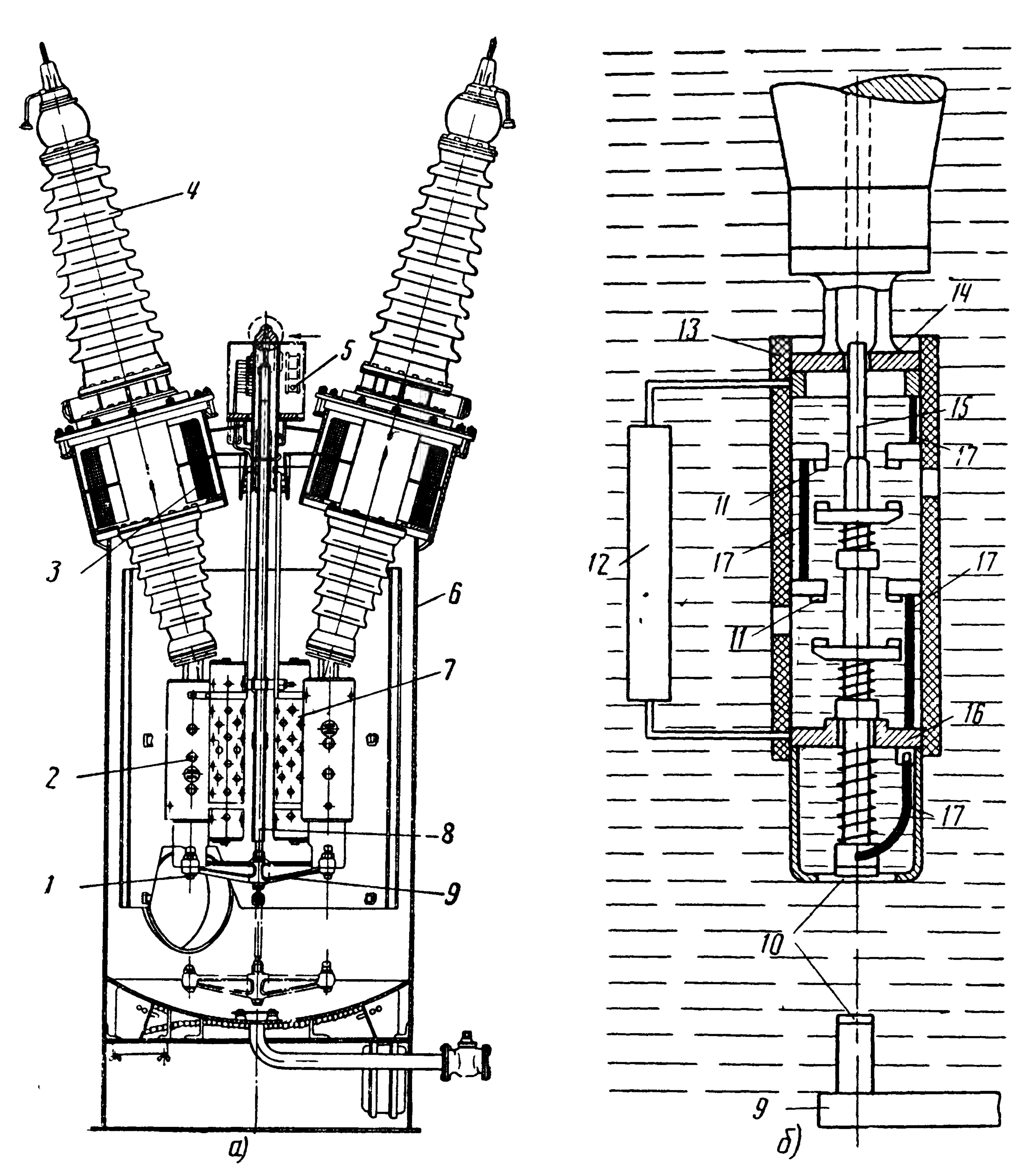



Рис. 70. Масляный выключатель МКП-110М:
*а* — разрез фазы, *б* — разрез гасительной камеры

нен из изоляционного материала. В верхней части корпуса вставлен бронзовый держатель *14*, соединенный с вводом, а в нижней части латунный диск *16*. Между держателем и диском включено шунтирующее сопротивление *12*, помещенное в отдельном изоляционном цилиндре. Неподвижные контакты закреплены на стенке корпуса *13*, а подвижные на бакелитовом стержне *15*. Полоски *17* представляют собой соединения. Давление между контактами создается во включенном состоянии пружинами,

надетыми на стержень *15*. При отключении траверса с помощью привода начинает опускаться. Сначала разрываются контакты *11*, а контакты *10* остаются замкнутыми. При разрыве контактов *11* сопротивление *12* включается параллельно разрывам. Это необходимо для того, чтобы напряжение, приложенное к фазе выключателя, распределялось примерно поровну между камерами. При образовании дуг в камерах создается большое давление, которое выдувает дуги в бак выключателя. Гашение дуги облегчается тем, что разрывы контактов шунтированы сопротивлением *12*. После того как дуги в камерах погасли, через сопротивление продолжает протекать небольшой ток. Этот ток прекратится, когда при дальнейшем опускании траверсы будут разорваны контакты *10*.

Бак масляного выключателя не полностью заливается маслом. Над уровнем масла остается так называемое буферное пространство, в которое выходят газы при гашении дуги. В процессе эксплуатации следует тщательно следить за уровнем масла, указанным заводом-изготовителем, так как при несоблюдении этого условия возможен взрыв выключателя. Взрывы возможны и при внутренних перекрытиях в выключателе между фазами или между фазой и стенкой заземленного бака, что может произойти при плохом качестве масла в баке выключателя. Многообъемные выключатели тяжелы и громоздки. Общий вес всех трех фаз многообъемного выключателя на 110 *кв* составляет 18 *т*, а вес масла 8,5 *т*.

Малообъемные выключатели значительно легче и масла в них во много раз меньше. Благодаря этому, а также весьма прочной конструкции баков малообъемные выключатели можно считать взрыво- и пожаробезопасными. У малообъемных выключателей с металлическими баками токоведущие шины присоединяют непосредственно к крышкам баков или к ним самим. Поэтому баки, находящиеся под напряжением, устанавливаются на фарфоровых опорных изоляторах. Такие выключатели применимы для внутренних установок на напряжение до 20 *кв*. Выключатели на бóльшие напряжения строятся с фарфоровыми баками. Каждый разрыв малообъемного выключателя снабжается отдельным баком со встроенным дугогасительным устройством. Выключатели двукратного разрыва имеют два бака на фазу, а выключатели с одним разрывом — один бак на фазу.

На рис. 71 показано устройство одной фазы малообъемного выключателя МГГ-229 и схема движения верхнего контакта в трех положениях. Нижний контакт не изолирован от бака, а потому сам бак установлен на раме на фарфоровых изоляторах.

При выключении сначала размыкаются главные контакты *1—2*, но между ними не образуется дуги, так как ток продолжает проходить через стенки бака и дугогасящие контакты *3—4*, заключенные в масляной камере. Прохождение тока показано пунктирными линиями со стрелками. При дальнейшем движении

траверсы вверх разрываются дугогасящие контакты. Возникающая дуга быстро гаснет за счет бурного движения струй масла. Для улучшения гашения дуги в корпус выключателя встроена перегородка *5* из толстой фанеры, имеющая поперечный канал,

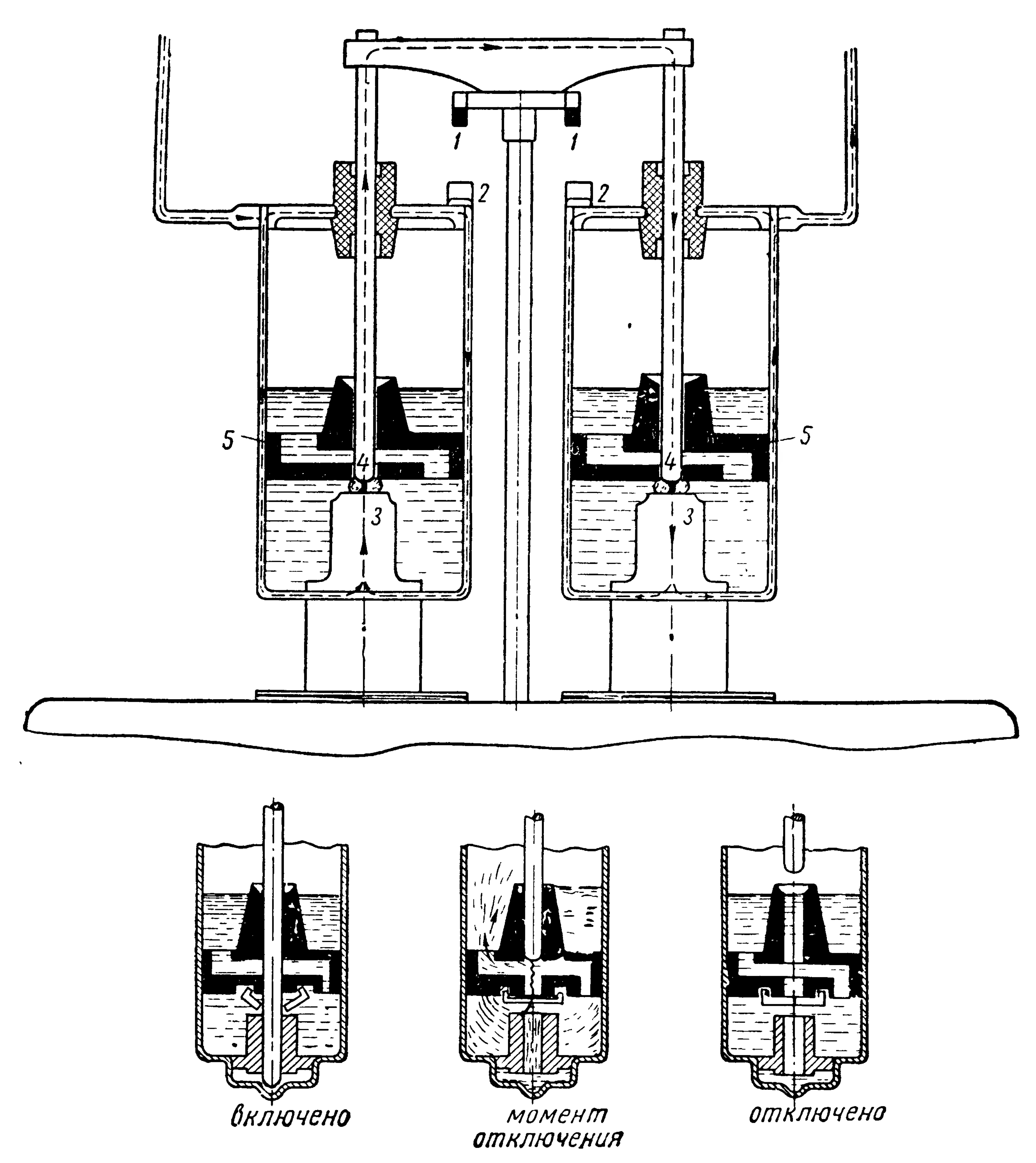



Рис. 71. Масляный выключатель МГГ-229

по которому в момент образования дуги протекает нагретое масло и разрывает дугу.

Для включения, удержания во включенном состоянии и отключения масляных выключателей они оборудованы приводами. В автоматическом приводе защелка, удерживающая выключатель во включенном состоянии, отводится при помощи небольшого электромагнита, цепь которого замыкает реле при перегрузке и коротком замыкании. Привод должен обеспечивать необ-

ходимую скорость включения, так как при медленном включении в сеть, в которой имеется короткое замыкание, возможно привариривание контактов.

В зависимости от рода энергии, используемой для включения, приводы разделяются на ручные, электромагнитные (соленоидного типа), электродвигательные и пневматические.

Для выключателей ВМГ и ВМ большое распространение получили ручные автоматические приводы.

Электромагнитные приводы применяют на электростанциях и подстанциях для дистанционного управления масляными выключателями.

Электродвигательный привод основан на центробежном принципе. Электродвигатель вращает систему рычагов в виде параллелограмма с грузами. Под действием центробежной силы грузы расходятся, параллелограмм сжимается и увлекает вниз тягу, передающую движение на вал выключателя. По окончании включения двигатель автоматически отключается от сети.

Пневматические приводы просты по конструкции, обеспечивают надежность в работе, потребляют малую мощность, но требуют установки сжатого воздуха.

## § 6. АВТОМАТИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

При больших токах и высоких напряжениях включение и выключение электрических систем с помощью рубильников и контроллеров опасно и ненадежно. Кроме того, управление большими токами требует ввода в аппараты управления проводов и кабелей больших сечений. Так как аппараты управления могут быть расположены на значительном расстоянии от управляемых ими машин, то монтаж проводов связан с большими затратами кабелей и увеличением размеров аппаратов. Например, в мощных прокатных станах все управление сосредоточено на одном пульте, от которого машинные агрегаты находятся на расстоянии нескольких метров.

Для повышения надежности и безопасности обслуживания аппаратов управления пользуются малыми токами управления, которые проводятся по тонким проводам и приводят в действие аппараты, включающие и выключающие главный ток мощных электродвигателей. Аппараты, управляющие машинами при помощи токов управления, называются командоаппаратами. В качестве командоаппаратов могут служить контроллеры, которые по принципу действия ничем не отличаются от описанных выше. Но благодаря тому, что через них проходят малые токи низкого напряжения, аппараты значительно уменьшаются в размерах и становятся более надежными в работе.

В установках с кнопочным управлением в качестве командоаппаратов служат кнопки (рис. 72). После нажатия кнопки на-

чинают действовать сложные аппараты, автоматически связанные между собой, и в результате происходит включение и регулирование двигателя мощностью в несколько тысяч киловатт.

Исполнительные аппараты, подчиняясь малым токам управления, производят включение и выключение мощных систем.

Для автоматического и полуавтоматического включения силовых цепей применяются контакторы и магнитные пускатели. Контактор состоит из магнитной и контактной систем, собранных на общей панели. При прохождении тока по втягивающей катушке подвижный якорь притягивается к сердечнику и поворачивает вал. Одновременно подвижные контакты прикасаются к неподвижным и происходит замыкание одной или нескольких

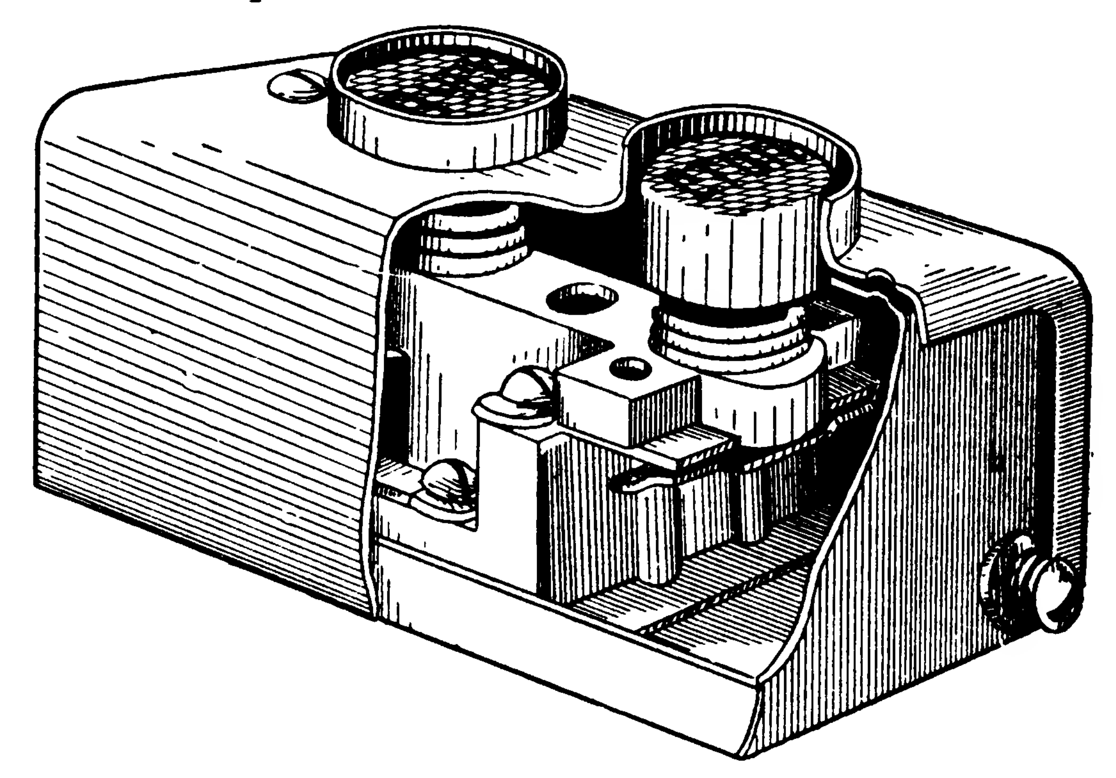


Рис. 72. Кнопки управления

силовых цепей в зависимости от числа полюсов контактора. По конструкции различают контакторы постоянного и переменного тока, которые главным образом отличаются устройством сердечника и якоря. У контакторов постоянного тока они могут выполняться из массивных кусков стали, а у контакторов переменного тока для снижения потерь от вихревых токов сердечник и якорь собираются из листов электротехнической стали.

На рис. 73, *а* представлен общий вид контактора трехфазного тока КТЭ. Он состоит из магнитной системы *1*, контактной системы *2* и блокконтактов *3*, смонтированных на общей панели.

На рис. 73, *б* дана электромагнитная система контактора. Она представляет собой сердечник броневого типа *5*, собранный из штампованных листов электротехнической стали, стянутых шпильками. На средний стержень сердечника надета катушка *6* из изолированной медной проволоки. На крайние стержни сердечника надеты короткозамкнутые витки *7* из медных шин. Они предназначены для того, чтобы поддерживать усилие для притягивания якоря *8* при прохождении переменного тока, питающего катушку, через нулевые значения и снижать гудение магнитной системы. Вал *4* контактора из стали квадратного сечения

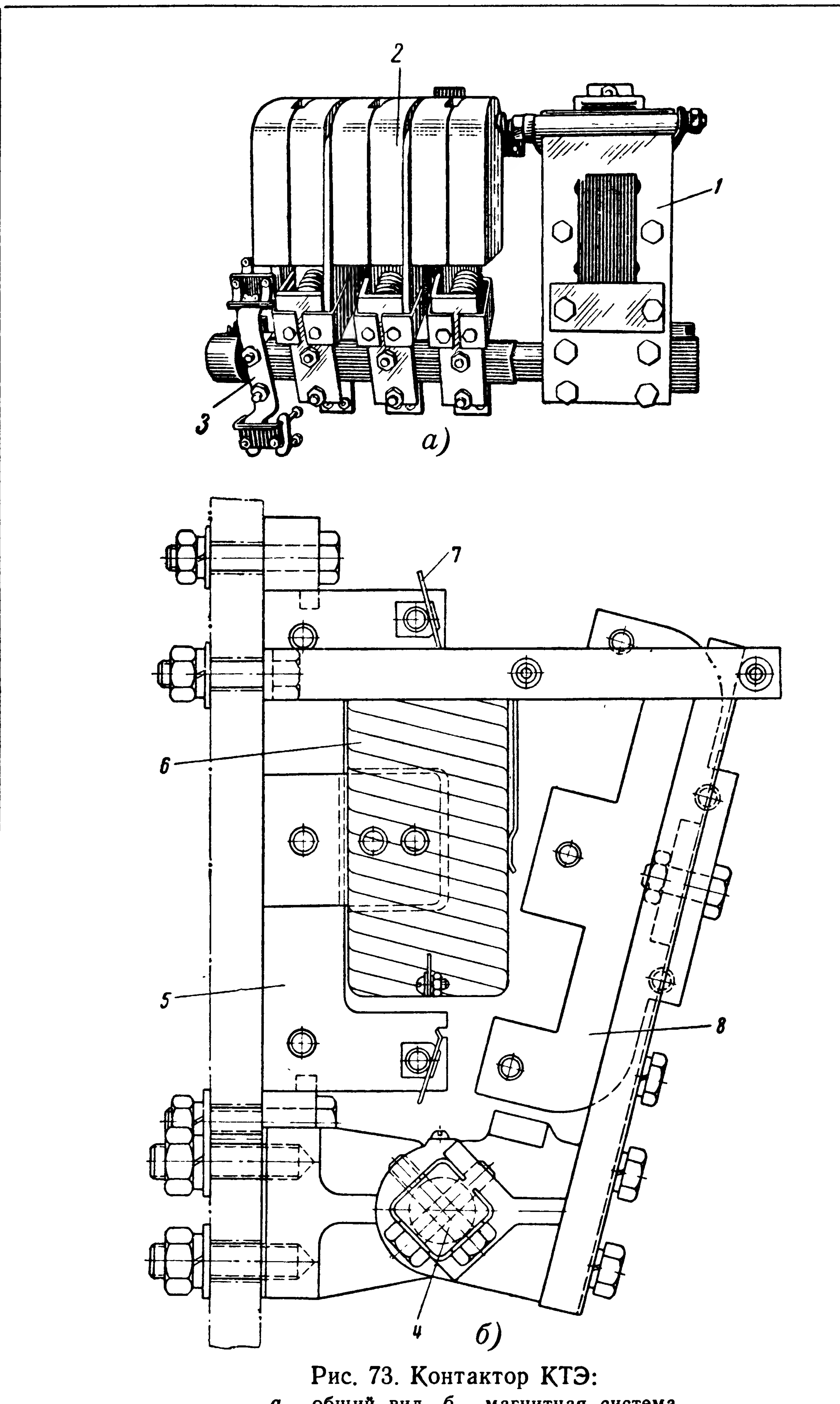



Рис. 73. Контактор КТЭ:
*а* — общий вид, *б* — магнитная система

имеет по концам цилиндрические заточки, которые вращаются в подшипниках, привернутых к панели. На неизолированной части вала закреплен якорь, собранный из штампованных листов электротехнической стали. В отпущенном положении якорь удерживается планками, соединенными шпилькой. Притягивание якоря к сердечнику и удерживание его в таком положении производится под действием магнитного потока. При отключении

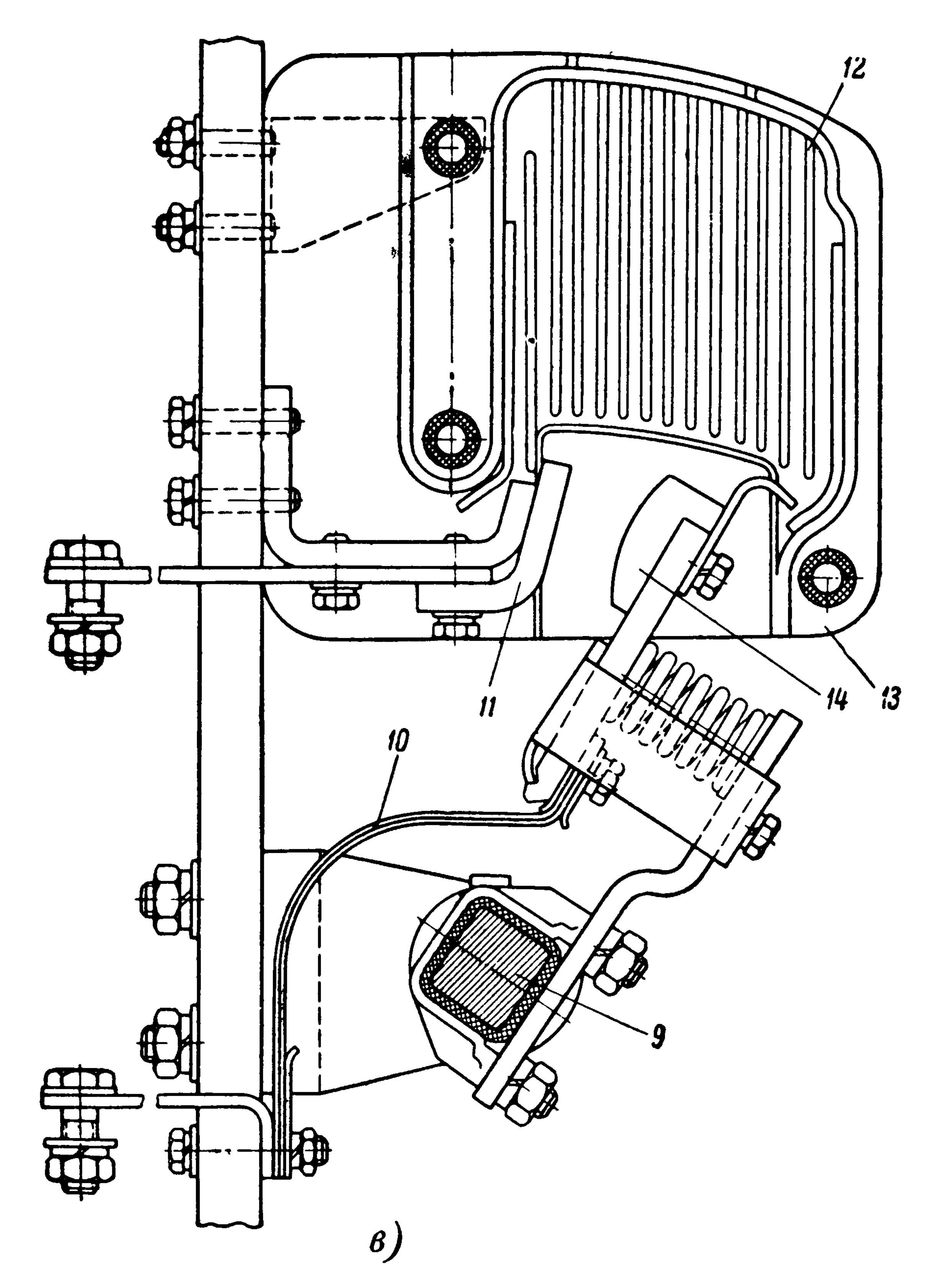



Рис. 73. Контактор КТЭ (продолжение):
*в* — контактная система

тока отрыв якоря от сердечника происходит под действием контактных пружин и собственного веса подвижной системы.

На рис. 73, *в* изображена контактная система контактора. Неподвижные контакты *11* привинчены к скобам, укрепленным на панели. К изолированной части вала *9* при помощи хомутиков прикреплены планки, на которых шарнирно закреплены подвижные контакты *14*. Пружинное соединение их с планками позволяет контактам самоустанавливаться без перекосов по

отношению к неподвижным контактам. Ток к подвижным контактам подводится по гибкому соединению *10* из фольги или плетеных канатиков. Соединение контактора с внешней цепью производится с задней стороны панели. Для защиты от переброса дуги между фазами контактная система каждой фазы заключена в камеру *13* из дугостойкого материала. Для гашения дуги при разрывах цепи над контактной системой помещена решетка из стальных омедненных пластин *12*, изолированных одна от другой. Камеры отдельных фаз соединены между собой изолированными шпильками в один блок. Поэтому дугогасительные камеры со всех фаз контактора снимаются одновременно. Блокконтакты служат для сигнализации и блокировки.

Контакторы КТЭ применяются в сетях переменного тока напряжением до 380 *в* при частоте 50 *гц* в качестве линейных контакторов и в схемах управления электроприводами в общепромышленных установках. Контакторы с принудительным гашением выдерживают до 120 включений в час, а без принудительного гашения — 600 включений. Они допускают отключение аварийных токов до семикратного значения от номинального тока. Контакторы без принудительного гашения дуги допускают включение указанных токов. По механической износоустойчивости контакторы выдерживают без тока миллион включений. Контакторы переменного тока могут быть выполнены с втягивающими катушками, работающими от сети постоянного тока.

Магнитные пускатели, применяемые главным образом для пуска в ход электродвигателей, имеют нереверсивное и реверсивное исполнение.

В первом случае магнитный пускатель включает в себя устройство для включения трех фаз цепи. Во втором случае применяют два нереверсивных пускателя, сблокированных между собой механически таким способом, при котором невозможно одновременное включение. По роду исполнения пускатели бывают о т к р ы т ы е (без кожуха) и з а к р ы т ы е (с кожухом).

В зависимости от включаемого приводного механизма, пускатели выполняют с тепловой защитой и без нее.

Напряжение втягивающей катушки пускателей может быть 127, 220, 380 и 500 *в*.

На рис. 74, *а* приведен общий вид нереверсивного магнитного пускателя с тепловой защитой. Он состоит из трехполюсной контактной системы *1*, втягивающей катушки (электромагнита) *2*, тепловых реле *3* и блокировочных контактов *4*.

Действие магнитного пускателя можно разобрать по его схеме (рис. 74, *б*). Зажимы трехфазной сети обозначены $Л_1$, $Л_2$, $Л_3$, главные контакты, блокконтакты и втягивающая катушка — *Л*, тепловые реле, защищающие электродвигатель от перегрузок,— *РТ*, кнопки — *П* и *С* («пуск», «стоп»). Для пуска двигателя нажимают кнопку «пуск», чем замыкается цепь

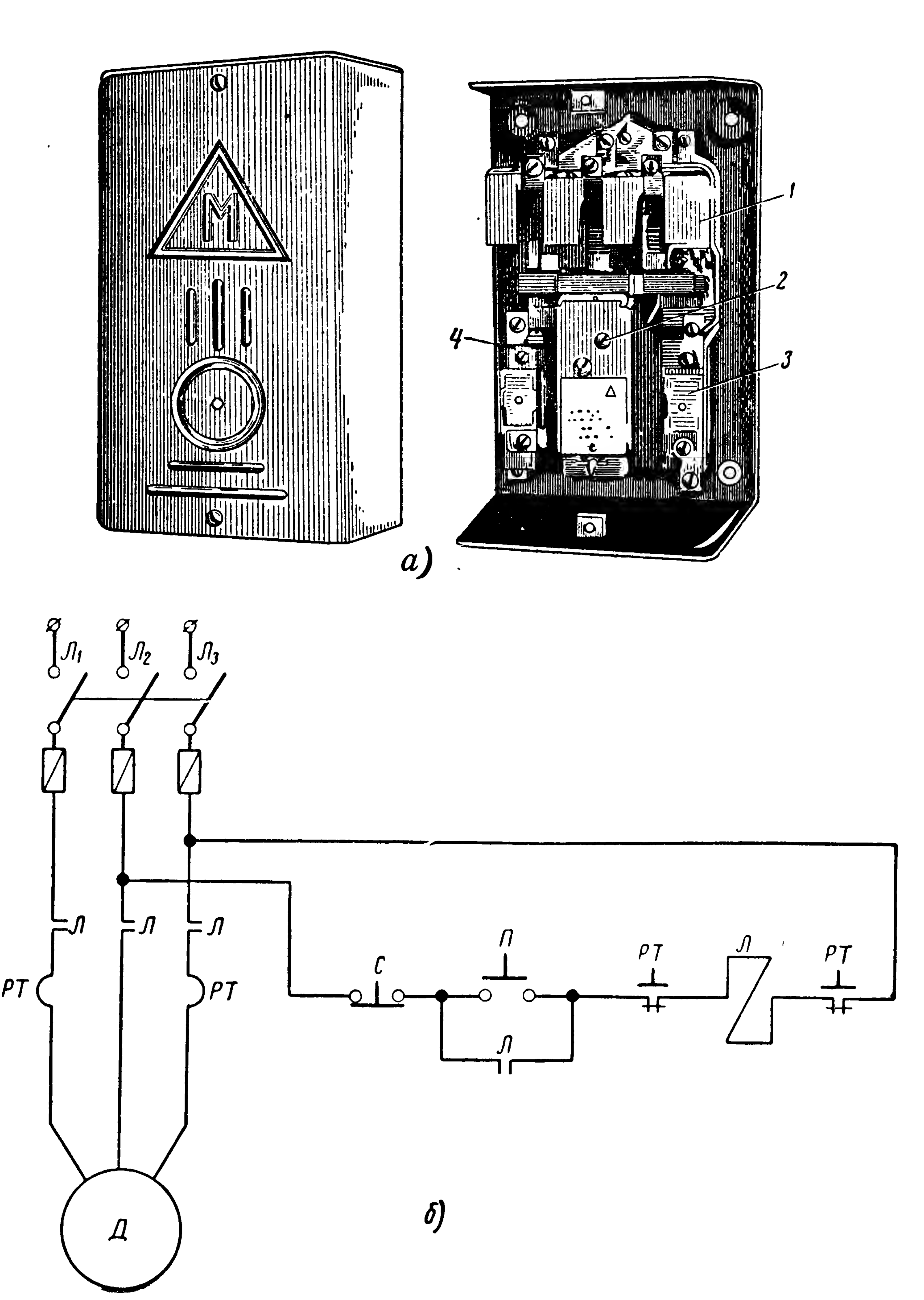



Рис. 74. Магнитный пускатель:
*а* — вид пускателя со снятой крышкой, *б* — схема пускателя

катушки пускателя, питаемой в данной схеме тем же напряжением, что и двигатель.

Втягивающая катушка, притягивая подвижной сердечник пускателя, включает его главные контакты, и двигатель начинает работать. Одновременно замыкаются блокировочные контакты, один из которых шунтирует кнопку «пуск», после чего последняя может быть отпущена, так как питание катушки не нарушится. Для остановки электродвигателя нажимают кнопку «стоп». Этим разрывают цепь катушки пускателя, главные контакты разрываются и двигатель отключается от сети. Точно такое же отключение произойдет и при срабатывании теплового реле, контакты которого разорвут цепь катушки пускателя.

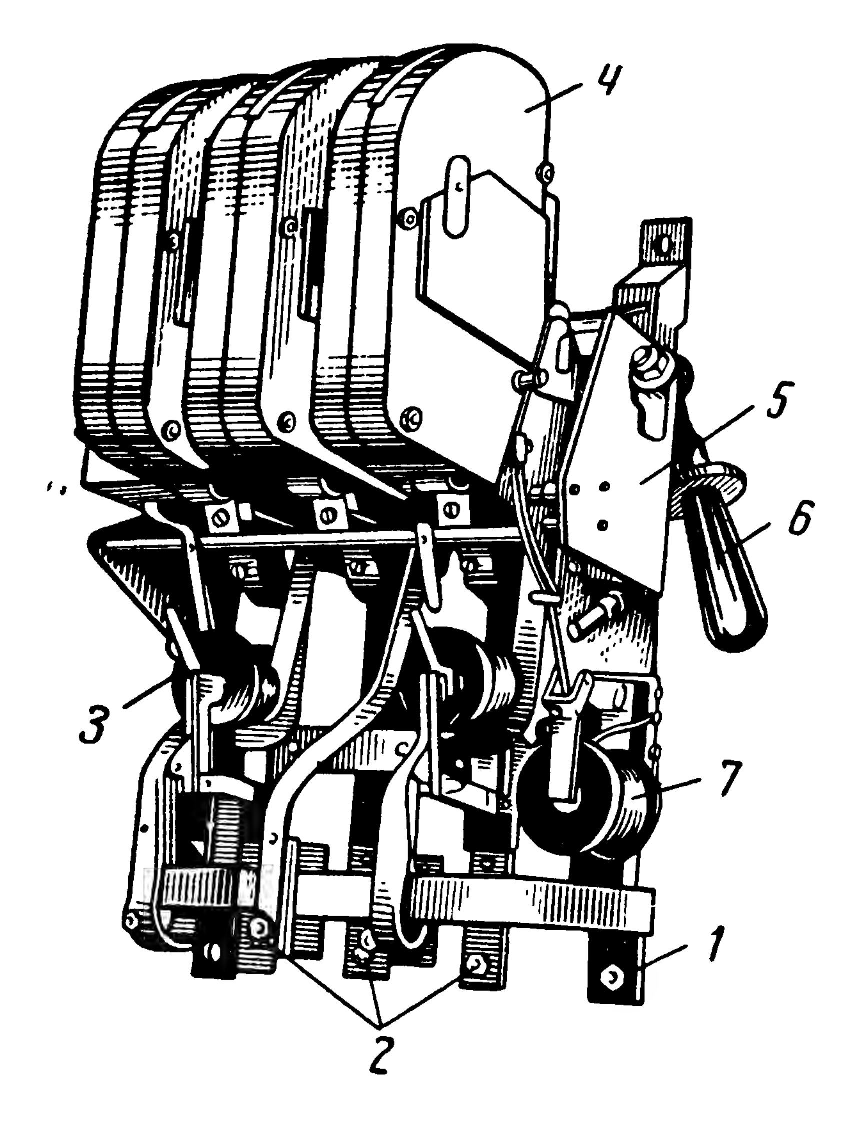


Рис. 75. Автомат максимального тока

В рассматриваемой схеме при питании катушки пускателя от цепи самого электродвигателя магнитный пускатель осуществляет и защиту от самопроизвольного запуска в случае исчезновения и последующего восстановления напряжения. Катушка пускателя удерживает контакты во включенном положении при напряжении выше 50% от номинального, в противном случае главные контакты отключаются.

Автоматы применяют в установках переменного и постоянного тока напряжением до 500 *в*. Наибольшее распространение получили автоматы максимального тока, служащие для защиты установки от токов короткого замыкания и перегрузок. Такой автомат заменяет два простейших аппарата — рубильник и плавкий предохранитель. Во включенном состоянии автомат удерживается защелкой. Когда ток превышает установленное значение, электромагнит притягивает якорь и защелка освобождает рычаг. Под действием отключающей пружины нож автомата отключается. Включение автомата производится вручную. Чтобы автомат не отключал установку при каждом пуске двигателя, когда пусковой ток в несколько раз превышает номинальное значение, автомат снабжают механизмом выдержки времени. Привод автомата оборудован механизмом свободного расцепления, который обеспечивает отключение автомата в случае, если рукоятка включения продолжительно удерживается во включенном положении.

На рис. 75 показано устройство трехполюсного автомата мак-

симального тока на 200 *а*. Он смонтирован на стальном каркасе *1*. Зажимы *2* служат для присоединения проводов. Ножи заключены в дугогасительные камеры *4*. Включение автомата производится рукояткой *6*, к которой пристроена коробка механизма свободного расцепления *5*. Катушка *3* управляет механизмом максимального расцепителя, а катушка *7* — механизмом отключающего независимого расцепителя.

Во всяких автоматических схемах очень важное значение имеют различные реле. Принцип действия реле заключается в том, что, получая внешний сигнал, оно приводит в действие ис-

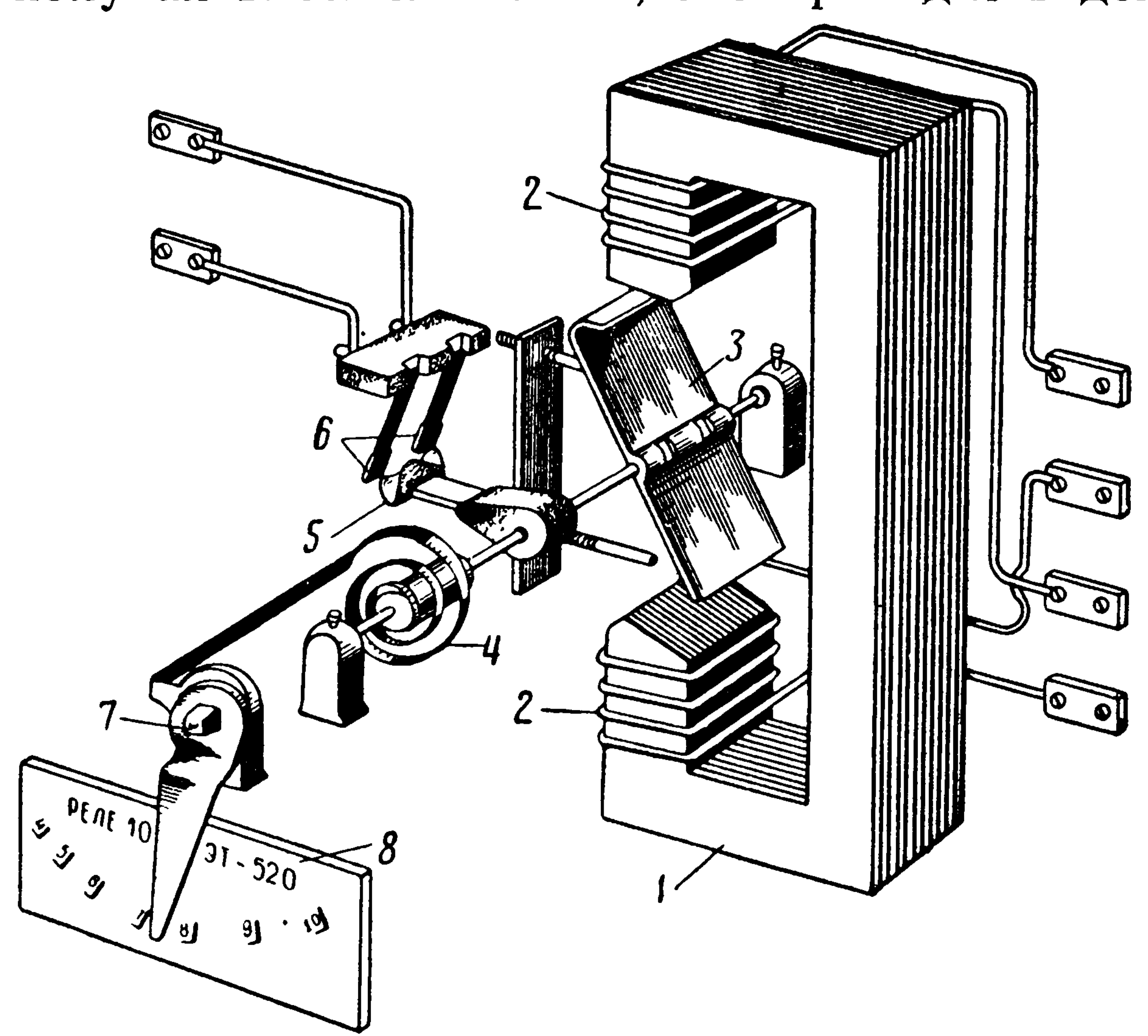



Рис. 76. Электромагнитное реле ЭТ-500

полнительный орган, производящий замыкание контактов или другое изменение электрических параметров. По назначению релейную аппаратуру можно разделить на следующие группы: реле управления, реле защиты, реле автоматики и сигнализации.

Реле управления включаются в цепи управления и осуществляют управление исполнительным аппаратом непосредственно или через другие аппараты. Их воспринимающие и исполнительные органы могут быть рассчитаны на большие токи (десятки и сотни ампер).

Реле защиты включаются в цепи управления непосредственно и через измерительные трансформаторы и воздействуют на управляемую цепь через другие аппараты.

Реле автоматики и сигнализации включаются в цепи управления или непосредственно или через другие аппараты и осуществляют управление исполнительным органом.

Рассмотрим схему устройства электромагнитного реле максимального тока ЭТ-500, которое находит широкое применение в релейной защите электросетей и объектов электрооборудования. Электромагнитное реле (рис. 76) состоит из магнитопровода *1* с выступающими полюсами, на которых расположены обмотки *2*. На оси реле закреплены стальной якорь *3*, один конец спиральной пружины *4* и подвижные контакты *5*. Второй конец пружины закреплен в указателе *7*. Реле имеет шкалу *8*. При протекании тока через обмотки якорь стремится притянуться к полюсам магнитопровода, чему препятствует пружина. В случае увеличения тока в обмотках реле до значения, при котором электромагнитный момент вращения, обусловленный силой притяжения якоря, становится больше момента пружины, якорь притягивается к полюсам, подвижные контакты *5* и неподвижные контакты *6* замыкаются. После срабатывания реле и отключения цепи прекращается протекание тока через его обмотки и якорь возвращается в начальное положение, а контакты размыкаются. Регулировать ток срабатывания реле можно изменением натяжения пружины.

## § 7. ПОНЯТИЕ ОБ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Автоматизация технологических процессов имеет решающее значение для увеличения пропускной способности производственных участков и повышения производительности труда. Если станок-автомат, на котором изготовляют крепежные детали, еще можно выполнить с механическими связями между отдельными его элементами в форме кулачковых механизмов, то автоматическую поточную линию осуществляют только при помощи электроавтоматики. Автоматическая поточная линия представляет собой систему агрегатных станков, из которых каждый выполняет те или иные операции. Передача деталей со станка на станок и контроль размеров обрабатываемых деталей также производятся автоматически.

В качестве примера можно привести автоматическую линию станков для обработки валов электродвигателей (рис. 77). Линия состоит из пяти агрегатных станков и одного контрольного пункта, на котором производится автоматический контроль размеров вала после токарной обработки с помощью электроконтактных головок. При обнаружении брака головки воздействуют на систему электроуправления и она автоматически останавливает линию. Установка деталей на станки, их снятие и передача со станка на станок производятся автоматическими захватывающими приспособлениями с электрическим управлением. Линия заменила 37 токарных, фрезерных и шлифовальных станков, на которых работало в две смены 74 рабочих. Автома-

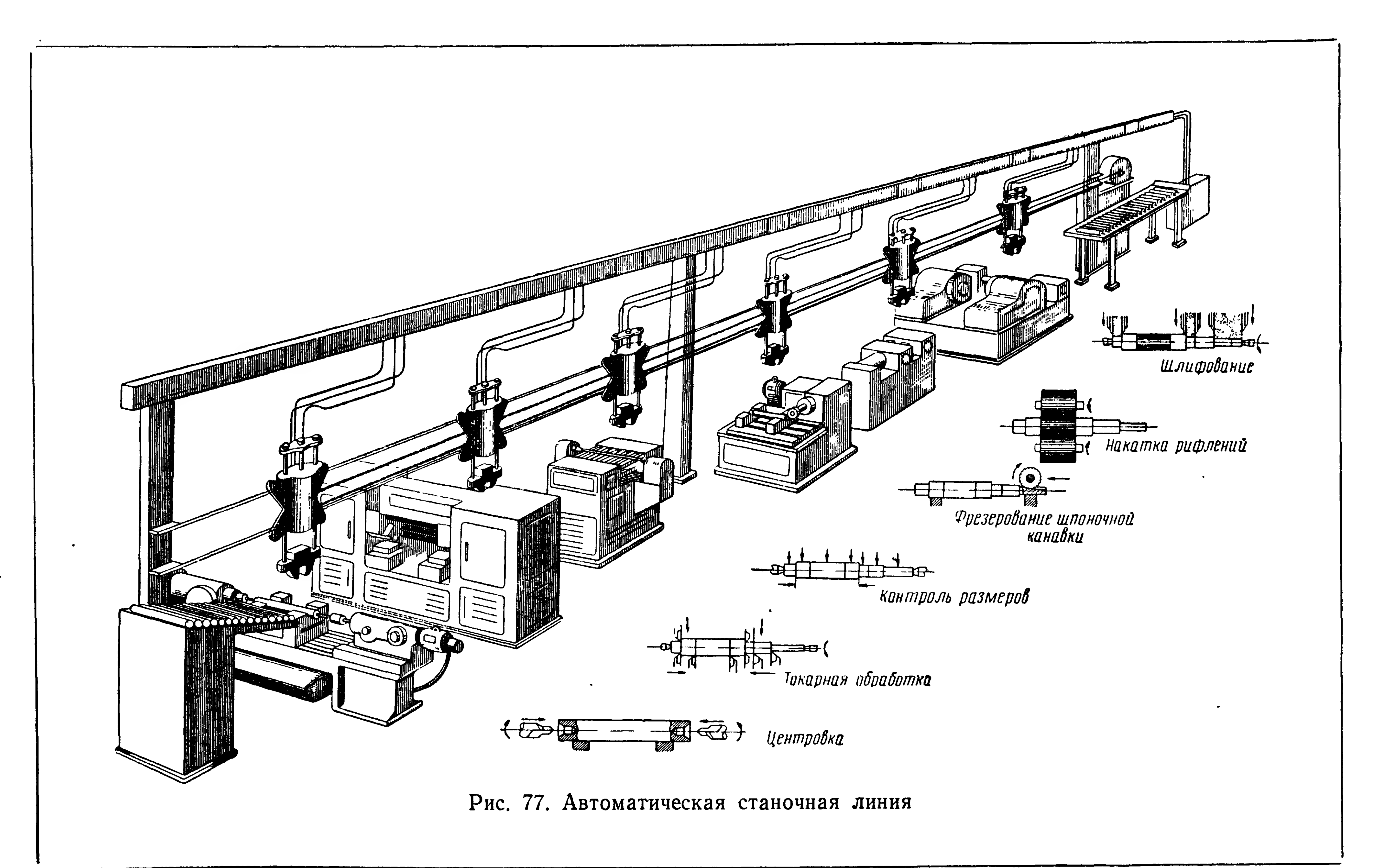
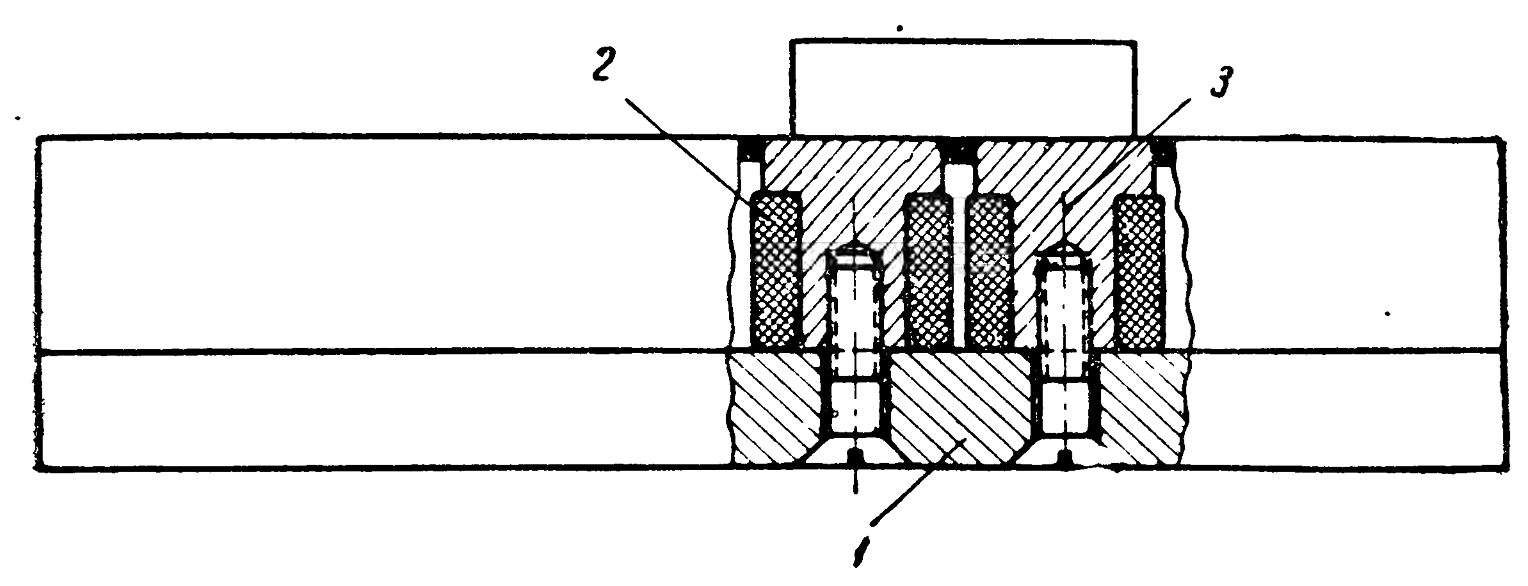



Рис. 77. Автоматическая станочная линия

тическую линию обслуживает 6 человек, включая наладчиков станков.

Дальнейшим развитием автоматических линий станков являются цехи-автоматы. Такие цехи организованы на 1-м Государственном подшипниковом заводе для производства наиболее массовых типов подшипников. На автоматическом заводе по



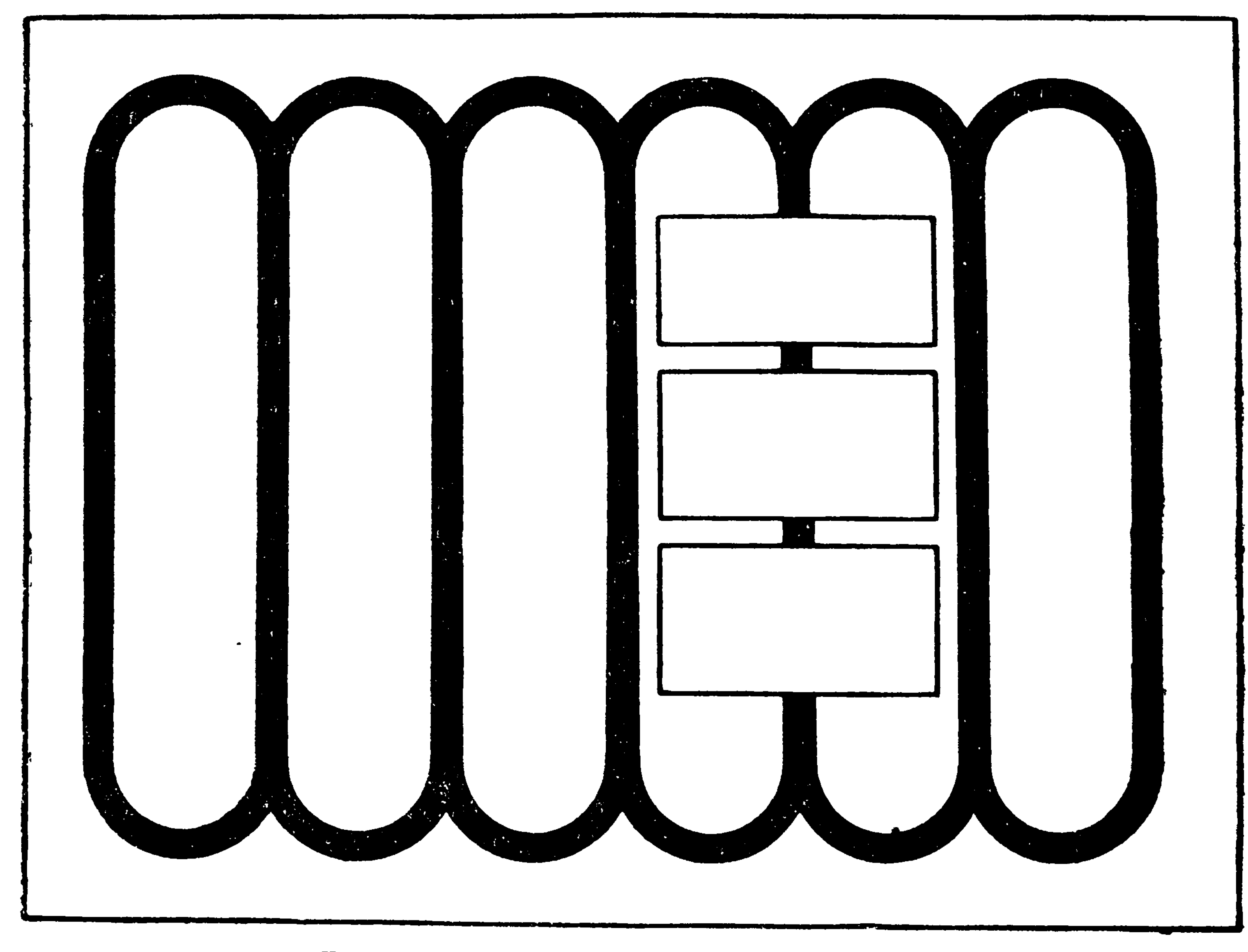



Рис. 78. Электромагнитная плита

производству автомобильных и тракторных поршней все операции отливки, обработки и упаковки поршней производятся автоматически.

Электрическое управление позволяет в широких пределах автоматизировать производственные процессы и работу механического оборудования. Поддержание определенных режимов резания на станках при помощи электрических аппаратов можно производить значительно точнее, чем вручную. Поэтому совре-

менные сложные станки имеют специальное электрооборудование с автоматическим управлением. Программное автоматическое управление станками позволяет автоматизировать весь технологический процесс обработки.

Неточности в ручном управлении электрическим краном большой грузоподъемности могут повлечь к серьезным авариям, особенно при транспортировке ковшей с расплавленным металлом на металлургических заводах. При автоматическом управлении краном после того, как крановщик нажал кнопку, весь процесс включения и набирания скорости подъема и передвижения производится с помощью автоматических панелей управления, которые в определенной последовательности производят все необходимые переключения.

Современные прокатные станы также работают с автоматическим управлением, что увеличивает их производительность, повышает качество продукции и исключает возможность аварий. Поддержание заданной температуры в печах для плавки стали и термической обработки металлов также автоматизируется с помощью электрических аппаратов.

Для автоматизации отдельных операций обработки широкое применение имеют различные электромагнитные приспособления в виде электромагнитных плит, столов, электромагнитных патронов и т. д.

В качестве примера можно привести электромагнитную плиту, применяемую при шлифовке стальных деталей. Устройство магнитной плиты показано на рис. 78. Она состоит из ряда стержней *3* с надетыми на них катушками *2*, укрепленных на основании *1*. Основание и стержни выполнены из стали. При пропускании через катушки постоянного тока стержни становятся электромагнитами. Магнитный поток с одной стороны стержней замыкается через основание, а с другой — через стальные детали, установленные на плите. Детали будут плотно прижаты к плите, и их можно обрабатывать, а после выключения тока они легко снимаются.

Благодаря применению магнитной плиты экономится много времени, которое потребовалось бы для механического крепления деталей.

Для предохранения катушек от засорения промежутки между стержнями закрываются прокладками из немагнитного материала.

---

*Глава VI*

# ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

## § 1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТАХ

Советское трудовое законодательство является самым передовым, и нигде в мире не проявляется столько заботы о трудящихся, как в Советском Союзе.

На советских предприятиях ведется планомерная работа по предупреждению несчастных случаев на производстве. Для этого разрабатываются специальные мероприятия по технике безопасности.

Под техникой безопасности понимается часть мероприятий из общего комплекса мероприятий по охране труда, направленных на создание здоровых, рациональных и безопасных условий труда на производстве. В полный комплекс вопросов охраны труда входят техника безопасности, производственная санитария и выполнение трудового законодательства.

Ни один рабочий не допускается к работе, прежде чем он не изучит правил техники безопасности. Меры по технике безопасности для различных участков предприятия имеют свои особенности и предусматриваются специальными инструкциями. Однако не все особенности условий работы могут быть предусмотрены инструкциями, поэтому перед началом работы, которая является для него новой, каждый рабочий должен внимательно выслушать дополнительные указания мастера.

Производство электромонтажных работ требует особого внимания для обеспечения их безопасности, так как при монтаже приходится работать на высоте, вблизи частей электрооборудования, находящихся под напряжением. Выполнение электромонтажных работ требует соблюдения специальных правил техники безопасности.

При монтажных работах на высоте надо придерживаться следующих правил техники безопасности.

Работать только с исправных лестниц и стремянок на высоте не более 3 *м*. На двух верхних ступеньках лестницы или стре-

мянки работать не разрешается. При высоте более 3 *м* работу разрешается производить только с лесов, влезать на которые необходимо по специальным лестницам. Запрещается ставить лестницы на ящики, бочки и другие предметы.

При монтаже промышленного электрооборудования возможны несчастные случаи с работающими при следующих условиях:

а) прикосновение к токоведущим частям;

б) прикосновение к металлическим корпусам объектов электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением;

в) соединение обмоток высшего напряжения трансформатора с обмотками низшего напряжения;

г) образование электрических искр, дуг или чрезмерное нагревание частей электрооборудования.

В установках высокого напряжения все операции должны производиться по особым нарядам, в которых указаны условия производства работ и необходимые меры безопасности. Перед работой дежурный должен отключить оборудование, убедиться в отсутствии напряжения, закоротить и заземлить оборудование и оградить место работ, а также повесить предупреждающие плакаты. Плакаты делятся на четыре группы: предостерегающие, запрещающие, разрешающие и напоминающие. Плакат «Не трогать — смертельно» должен снабжаться изображением черепа, нарисованного черной краской и пронзенного красной стрелкой.

Защитными средствами от поражения током являются диэлектрические перчатки, галоши, коврики и изолирующие подставки. Надежность их необходимо проверять в лаборатории.

В электрических установках низкого напряжения ручки монтерского инструмента должны быть изготовлены из изолирующего материала или покрыты им. Для включения и отключения разъединителей при напряжении до 35 *кв*, для наложения заземления и закорачивания проводов или шин применяют штанги из изоляционного материала. Измерять ток в проводах высокого напряжения следует токоизмерительными клещами.

Для повышения безопасности работы с электроустановками применяются заземления. Заземлением называется соединение с землей металлических частей установки, изолированных от частей, находящихся под напряжением. Заземление должно быть на всех металлических корпусах электрических машин, трансформаторов, аппаратов, предохранителей и т. д.

Заземление может быть выполнено двумя способами:

1) в электроустановках на напряжении до 1000 *в* с глухозаземленной нейтралью должна быть обязательно металлическая связь корпусов электрооборудования с заземленной нейтралью электроустановки (раньше такой способ заземления назывался «занулением»);

2) в установках с изолированной нейтралью корпуса электрооборудования соединяются проводниками с заземлителем, т. е.

с металлическим проводником или группой проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

Для защиты глаз от ожогов и поражения электрической дугой необходимо надевать защитные очки, а для защиты рук от ожогов — рукавицы с асбестовой прокладкой. Хранить защитные средства необходимо в отведенных специальных местах с крючками или шкафами.

Каждый работник должен пройти обучение безопасным методам работы на рабочем месте, а также правилам оказания первой помощи. Обучение надо производить под руководством опытного работника.

## § 2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Основным видом опасности на территории предприятия является возможность попадания под транспорт, в колодцы, траншеи и т. д. Чтобы предупредить несчастные случаи на территории предприятия, согласно действующим положениям, содержание заводского двора должно удовлетворять следующим условиям:

1) площадь двора должна быть выровнена и не иметь ни рытвин, ни ям, за исключением тех случаев, когда они необходимы для технических целей; в последнем случае они должны быть надлежащим образом ограждены с целью устранения возможности несчастных случаев;

2) двор должен содержаться в чистоте, сор собираться в закрытые ящики и вывозиться или сжигаться;

3) для передвижения пешеходов должны быть устроены тротуары, настилы, дорожки достаточной ширины, вымощенные надлежащим материалом;

4) в местах пересечения пешеходных дорог рельсовыми путями должны быть приняты меры к защите пешеходов от повреждений проходящими вагонами и перевозимыми грузами. В качестве оградительных мер используются шлагбаумы, специальные посты, а также применяются предупредительные надписи, звуковая и световая сигнализация, предупреждающая о приближении транспорта.

Ночью заводские дворы должны быть достаточно освещены.

Однако наличие этих предупредительных мер не исключает того, что при передвижении по территории предприятия нужно быть внимательным и не нарушать установленных правил.

## § 3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЯ

Основные виды травматизма в цехах предприятия следующие: возможность попадания под цеховой транспорт, захват одежды движущимися частями и механизмами оборудования,

ожоги горячим металлом, поражение электрическим током и пр. Для предохранения от несчастных случаев должны приниматься следующие меры предосторожности:

1) вращающиеся передаточные механизмы станков должны иметь ограждения;

2) станки должны приводиться в действие приставленными к ним для работы лицами; всем другим лицам воспрещается пускать в ход станки и работать на них;

3) каждому работнику, имеющему дело с электрической сваркой, должно быть разъяснено вредное действие, оказываемое на зрение и кожу ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами электрической дуги;

4) все части машин и аппаратов, находящиеся под напряжением, должны быть защищены от случайного прикосновения к ним.

При нахождении в цехах предприятия следует быть внимательным, слушать сигналы, подаваемые водителями цехового транспорта, и уступать ему дорогу. Нельзя заходить за ограждения движущихся и токоведущих частей. Следует остерегаться прикосновения к частям проводки во избежание поражения электрическим током.

## § 4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОМ ЦЕХЕ

Рабочим местом электрослесаря является электроремонтный или монтажный цех, который по своему характеру относится к электромеханическим цехам. При выполнении слесарных работ причинами ушибов, ранений и ожогов чаще всего является неисправность рабочего инструмента или неправильный метод работы. Согласно действующим положениям техники безопасности, относящимся к слесарному делу, предусматривается следующее:

1) все инструменты должны быть исправны;

2) при работах зубилом и крейцмейселем рабочие для предохранения глаз от отлетающих осколков обязаны пользоваться предохранительными очками, которые должны выдаваться администрацией предприятия;

3) при обрубке и рубке изделий из твердого и хрупкого металла обязательно применение сеток в виде щитов, ширм и т. д. для предохранения окружающих от осколков;

4) верстачные привертные тиски и им подобные приспособления должны быть укреплены и установлены так, чтобы лица, пользующиеся ими во время работы, могли занимать правильное и естественное положение;

5) при пайке металлов необходимо располагать на рабочем месте горячие паяльники так, чтобы избежать ожога рук; запрещается класть включенный или нагретый паяльник на деревянные верстаки и столики во избежание пожара;

6) помещение, в котором производится пайка, должно быть снабжено устройствами, защищающими рабочих от вредного действия паров и газов, выделяющихся во время пайки (общая или местная вентиляция);

7) при заточке инструментов на точильном камне необходимо обязательно пользоваться защитным стеклом или очками, чтобы предохранить глаза от летящих искр;

8) при пайке электродуговым паяльником надо обязательно надевать очки с защитными стеклами для предохранения глаз от вредного действия лучей электрической дуги;

9) при намотке бандажей следует остерегаться попадания пальцев рабочего под витки наматываемой на ротор проволоки; ротор должен быть надежно закреплен в центрах бандажировочного станка, чтобы он не мог выпасть под действием натяжения проволоки;

10) все электрические испытания прочности изоляции высоким напряжением должны проводиться на специально огражденном месте. Испытательный стенд должен быть снабжен сигнальными лампами, предупреждающими о включении высокого напряжения.

Ремонт обмоток электрических машин и аппаратов связан с их пропиткой. При работе на пропиточных участках электромеханического цеха необходимо выполнение ряда требований, которые являются обязательными как для охраны здоровья работающих, так и в целях пожарной безопасности.

Все операции по смешению и растворению изоляционных лаков следует выполнять в точном соответствии с инструкциями. Работники пропиточной мастерской должны выполнять все требования санитарной гигиены при обращении с едкими растворителями. От частого употребления бензина для мытья рук кожа обезжиривается и становится очень восприимчивой к различным кожным заболеваниям. Поэтому для мытья рук следует пользоваться специальным мылом.

Пропиточные мастерские являются наиболее опасными в отношении пожара, так как в них имеются значительные количества легковоспламеняющихся растворителей (бензина, бензола, толуола и др.). Всякий открытый огонь может вызвать воспламенение паров растворителей. Поэтому курение в пропиточных мастерских категорически запрещается. Для уменьшения концентрации в воздухе паров растворителей, повышающих пожарную опасность и вредно действующих на организмы людей, в пропиточных мастерских следует производить усиленную вентиляцию.

Электрическая проводка в таком помещении должна удовлетворять специальным нормам. Для тушения пожаров пропиточные мастерские необходимо снабжать огнетушителями, ящиками с песком, лопатами и т. д.

---

## Глава VII

# ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

## § 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Эксплуатация электрооборудования предусматривает содержание его в исправном состоянии, предупреждение и устранение мелких неисправностей и восстановление оборудования, вышедшего из строя по тем или иным причинам. Вынужденная остановка агрегата нарушает ритмичную работу предприятия и приводит к большим убыткам в народном хозяйстве. Поэтому основной задачей эксплуатации электрооборудования является сведение непредвиденных остановок оборудования к наименьшему возможному пределу. Устранение аварийных остановок оборудования приводит к значительному повышению технико-экономических показателей предприятия и повышению производительности труда.

Всякая электрическая машина или аппарат тем легче могут быть исправлены, чем ранее обнаружена причина неисправности. Это можно пояснить на следующих примерах.

1. Увеличение зазоров подшипников скольжения вследствие износа вкладышей может быть исправлено путем их замены или перезаливки. Если же произошло задевание ротора за статор, то при этом повреждаются сердечники и обмотки, что может потребовать капитального ремонта с остановкой объекта на длительный срок.

2. Разматывание бандажей или обрыв отдельных проволок бандажа исправляется перемоткой бандажей. Если же это не было вовремя замечено, то обмотка выскочит из пазов, что потребует капитального ремонта машины.

3. Ослабление крепления полюсов на роторе синхронного генератора, обнаруженное своевременно, устраняется при разборке машины путем подтягивания и законтривания крепящих болтов. Если же при вращении ротора полюса будут задевать

за статор, то это может повести к полному выходу машины из строя.

4. Мелкий ремонт зажимов может быть произведен на месте установки машины, между тем как нарушение контакта в цепи возбуждения машины постоянного тока может повлечь за собой серьезную аварию, если машина пойдет вразнос.

5. Понижение уровня масла в трансформаторах и масляных выключателях, не замеченное вовремя, может привести к взрыву аппарата и пожару.

Из приведенных примеров становится ясно, что задачей обслуживания и ремонта электрооборудования является не только устранение поломок, происшедших при авариях, но главным образом предупреждение этих аварий.

## § 2. ВИДЫ РЕМОНТОВ

На основе практики эксплуатации электроустановок на ряде предприятий различных отраслей промышленности под планово-предупредительным ремонтом следует понимать определенную систему работ по поддержанию электрооборудования и других элементов электроустановок в нормальном состоянии. При этом содержание отдельных работ по планово-предупредительному ремонту электрооборудования будет заключаться в следующем:

а) плановый осмотр;

б) текущий ремонт (средний ремонт);

в) капитальный ремонт.

Под плановым осмотром понимается ремонт электрооборудования без его разборки. При плановых осмотрах выявляется необходимость в производстве ремонта отдельных деталей или целых объектов электрооборудования, а следовательно, определяется потребность в остановке электрооборудования и уточняются объем и сроки выполнения ремонта.

Текущий ремонт заключается в устранении неисправностей, выявляемых при плановых осмотрах. Текущий ремонт обычно сопровождается разборкой электрооборудования, вследствие чего имеется возможность произвести чистку, выверку или замену износившихся деталей и узлов. Текущий ремонт — это основной вид ремонта, посредством которого электрооборудование должно поддерживаться в нормальном работоспособном состоянии.

Капитальный ремонт производится в результате установления при плановых осмотрах, испытаниях и текущих ремонтах полной или частичной изношенности основных элементов электрооборудования, а также после аварий. Сроки между капитальными ремонтами могут быть значительно удлинены за счет правильной организации и своевременного проведения текущих ремонтов. В объем капитального ремонта входит

полная разборка оборудования, замена всех изношенных узлов и деталей и полное или частичное обновление основных элементов электрооборудования. Как правило, капитальный ремонт должен производиться в электроремонтном цехе. В отдельных случаях во избежание трудностей транспортировки крупных электрических машин капитальный ремонт может осуществляться на месте установки. Производство капитального ремонта, так же как и плановых осмотров, испытаний и текущих ремонтов, должно отмечаться в учетно-контрольных картах электрооборудования. Организация ремонтного дела зависит в значительной мере от масштаба и особенностей промышленного предприятия.

На примере асинхронного двигателя рассмотрим содержание работ по плановому осмотру, текущему ремонту и капитальному ремонту.

## Плановый осмотр

1. Снятие плавких вставок с предохранителей с тем, чтобы электродвигатель случайно не оказался включенным.
2. Осмотр крепления электродвигателя.
3. Проверка плотности посадки шкива или шестерни и просмотр износа зубьев.
4. Проверка наличия всех крепящих болтов на крышке и их крепления.
5. Просмотр щеткоподъемного механизма и проверка на одновременность опускания всех щеток на кольца.
6. Просмотр подшипников с проверкой уровня и сорта масла и вращения смазочных колец.
7. Осмотр доступных частей обмотки ротора с проверкой на отсутствие задеваний ротора за статор.
8. Осмотр лобовых частей обмотки статора.
9. Проверка плотности контактов подводящих проводов.
10. Проверка исправности заземления.
11. Проверка воздушного зазора щупом.
12. Полная чистка доступных частей электродвигателя.

## Текущий ремонт

1. Разборка двигателя.
2. Обтирка статора и ротора и продувка вентиляционных каналов.
3. Покрытие обмоток лаком, а при необходимости сушка их.
4. Промывка подшипников, а в случае износа замена их.
5. Сборка двигателя.
6. Проверка воздушного зазора.
7. В двигателях с фазным ротором чистка колец и подгонка щеток.
8. Проверка исправности заземления.

Текущий ремонт и обдувка электродвигателей производятся одновременно с ремонтом приводных механизмов; периодичность ремонтов устанавливается главным энергетиком предприятия в зависимости от результатов осмотров и проверок.

### Капитальный ремонт

1. Полная перемотка статора.
2. Полная перемотка ротора.
3. Смена вала электродвигателя.
4. Высверливание стержней короткозамкнутой обмотки из пазов ротора и замена их новыми с изготовлением колец и медных стержней.
5. Замена контактных колец и щеткодержателей.

## § 3. СКОРОСТНОЙ РЕМОНТ

Сущность скоростного ремонта заключается в проведении ряда мероприятий, которые значительно снижают время, необходимое для ремонта. Основой скоростного ремонта является внедрение передовой технологии, механизация трудоемких работ и организация обслуживания рабочих мест, а также тщательная подготовка к ремонту оборудования и изучение его дефектов.

Для изучения условий работы оборудования необходимо иметь точный учет, отражающий состояние оборудования и его аварийность. Такой учет осуществляется посредством ведения журналов, в которые вносятся все производимые работы по текущему ремонту оборудования. Для систематизации эти данные заносятся в паспорта на электрооборудование. Паспорт заводится на каждый объект и должен содержать номинальные данные машины или аппарата, его номер, эскиз с основными размерами, наименование завода-изготовителя, год выпуска, перечень запасных частей и материалов, необходимых для ремонта (обмоточные провода, изоляция, щетки, и т. д.). В паспорте указывается также место установки машины или аппарата, сроки проведения текущих осмотров, планово-предупредительных ремонтов и их характер. Паспортизация электрооборудования способствует его правильному использованию, снижает аварийность, позволяет быстро выполнить необходимый ремонт и повышает срок службы оборудования.

Трудоемкость ремонта снижается путем внедрения новых технологических приемов и механизации ручных работ.

В качестве примеров можно привести применение пневматических приспособлений для шихтовки листов сердечников, замену ручной опиловки пазов протяжкой их на станке и т. д.

Важными условиями сокращения времени ремонта является своевременная подготовка материалов, деталей, запасных частей и альбомов чертежей запасных частей. Ремонтный цех должен

иметь чертежи на все изнашиваемые детали, а также на те части, которые часто подвергаются поломке. По этим чертежам заранее изготовляют сменные части, количество которых определяется на основании статистических данных по эксплуатации электрооборудования.

Внедрение в производство заводами электропромышленности новых серий электродвигателей дает возможность рационализировать процесс ремонта и обслуживание электрооборудования. Так, например, замена девяти выпускавшихся ранее серий асинхронных электродвигателей мощностью до 100 *квт* единой серией асинхронных двигателей значительно улучшила постановку их ремонта и обслуживания. Резко сократилось число типов двигателей и номенклатура запасных частей и материалов для ремонта. Это дает возможность обеспечить ремонтные цехи запасными деталями заводского изготовления.

Электроремонтные цехи представляют собой организованные электромеханические участки предприятия. Оборудование цеха выбирается в зависимости от программы его работы. Организация труда и рабочего места строится по образцу основных цехов предприятия.

Раньше много времени монтажники тратили непроизводительно при каждой установке электродвигателя, так как установочные размеры двигателей, изготовляемых разными заводами, не совпадали даже при одинаковых мощностях двигателей. Теперь в единой серии установочные размеры стандартизованы, что устраняет непроизводительную затрату рабочего времени и излишние простои оборудования.

Большое влияние на рациональное использование рабочего времени имеет правильная организация эксплуатации оборудования, выполнение работ по намеченному плану, снижение количества экстренных аварийных ремонтов.

В ряде случаев ускорение сроков ремонта и монтажа возможно за счет расширения фронта работ.

Для сокращения простоев оборудования в ремонте графики осмотров и текущих ремонтов строятся так, что они производятся в нерабочие часы оборудования. Благодаря заготовке сменных частей текущий ремонт во многих случаях может быть проведен без снятия машины с фундамента. Специальные приспособления позволяют произвести текущий ремонт машины на месте установки. В качестве примера можно привести проточку коллекторов и контактных колец в собственных подшипниках машины, ремонт зажимов, смену щеткодержателей и т. д.

Электромашиностроительные заводы выпускают специальные конструкции электрических машин, предусматривающие ремонт на месте установки. К таким машинам относятся крановые электродвигатели с разъемной станиной и крупные асинхронные двигатели АТ, у которых станина может сдвигаться по фундаментной плите для доступа к ротору.

---

*Глава VIII*

# РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

## § 1. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Если аппарат находится под наблюдением и все неисправности своевременно замечаются и исправляются, то он может работать надежно в течение длительного времени. Уход за пусковой аппаратурой заключается в периодических осмотрах, чистке и смене износившихся частей. Все постоянные контактные соединения должны быть плотными, а контактные поверхности— чистыми. Ослабевшие или окислившиеся контакты при работе нагреваются.

Поддержание чистой контактной поверхности зависит от правильного выбора размеров контактов и их формы, материала контактов, отделки контактной поверхности, величины давления между контактами и от устройства аппарата. В правильно изготовленном и хорошо отрегулированном аппарате нагревание контактов не должно превышать 100°, если аппарат работает при номинальных режимах, т. е. при тех данных, которые обозначены на табличке.

Пыль и грязь, попадающие в пусковой аппарат из окружающего воздуха, должны тщательно удаляться, так как они увеличивают износ трущихся частей (подшипников, осей и т. д.) и могут вызвать перебои в работе аппарата вследствие перекрытия и пробоев изоляции.

Это особенно часто происходит в тех случаях, когда пыль является проводящей, например угольной. Запрещается применение для чистки контактов наждачного полотна, так как зерна, въедаясь в их поверхность, сильно увеличивают переходное сопротивление. Контакты в замкнутом состоянии должны плотно прилегать один к другому. Механизм пускового аппарата не должен иметь заеданий и значительного износа деталей, так как это может повлечь неодновременное замыкание и размыкание контактов.

## § 2. РЕМОНТ РУБИЛЬНИКОВ, ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Ремонт рубильников и переключателей заключается в следующем: 1) смена обгоревших контактов, 2) ремонт сработавшихся подшипников, 3) смена сгоревших и пробитых изоляционных деталей, 4) ремонт механизмов управления, 5) замена перегоревших плавких вставок другими заводского изготовления.

Обгоревшие контакты заменяют новыми, которые изготовляют по размерам старых из такого же материала.

Для двух- и трехполюсных рубильников необходимо сначала отрегулировать плотность контактов отдельных ножей, а затем установить соединительную перекладину из изоляционного материала. Усилия пружин дугогасящих ножей должны быть так отрегулированы, чтобы разрыв всех ножей при выключении происходил резко и одновременно.

Контактные части рубильников укрепляют на панелях из асбестоцемента, шифера или текстолита. В случае обгорания или механических поломок панелей их заменяют новыми, изготовленными из изоляционного материала. Поверхность текстолитовых панелей необходимо покрывать электроэмалью, так как текстолит не является дугостойким материалом. При проскакивании искры электрического разряда на нем остаются обуглившиеся дорожки, являющиеся проводниками электрического тока.

Привод рубильников и переключателей состоит из рукоятки и тяги рычажного управления. Рукоятка должна быть надежно укреплена, так как при заедании ножей она подвергается значительным усилиям. Необходимо помнить, что поломка рукоятки в случае необходимости экстренного выключения может повлечь к серьезным авариям или несчастным случаям.

При перегорании плавких вставок ни в коем случае не следует заменять вставки плавких предохранителей так называемыми «жучками» из первой попавшейся под руку медной проволоки, так как это сводит на нет защитное действие плавких предохранителей и может повести к выходу из строя ценных машин, а иногда и к пожару от воспламенения изоляции проводки.

Для осветительных сетей выбор плавкой вставки можно легко сделать по соответствующим таблицам, зная только номинальный ток линии. Значительно труднее выбирать плавкие вставки для двигателей. Если выбрать вставку по номинальному току, то она перегорит при первом же пуске двигателя. Если же выбрать вставку по пусковому току, то она не защитит двигатель от больших перегрузок, так как пусковой ток асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором достигает шести-, восьмикратного значения от номинального тока.

Пользование сложными расчетами в цеховых условиях неудобно и потому часто в практике плавкую вставку подбирают «на глазок», что нередко приводит к выходу двигателя из строя.

Инж. И. М. Троицкий разработал упрощенный способ определения тока плавкой вставки для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором мощностью до 100 *квт*[1].

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| При напряжении | 500 *в* | ток | плавкой | вставки | $I = 5{,}5\ P_{ном}$ |
| » | » | 380 » | » | » | » | $I = 7\ P_{ном}$ |
| » | » | 220 » | » | » | » | $I = 12\ P_{ном}$ |

В этих формулах $P_{ном}$ — номинальная мощность двигателя в *квт*. Например, для двигателя с $P_{ном} = 20$ *квт* при 380 *в* ток вставки будет $I = 7 \times 20 = 140$ *а*. По каталогу выбирают ближайший плавкий предохранитель на 160 *а*.

## § 3. РЕМОНТ РЕОСТАТОВ

Реостаты имеют важное значение в работе электрооборудования, и поэтому за ними должен быть организован уход для поддержания их в исправном состоянии. Реостаты надо периодически очищать от пыли, грязи и окислов; все поврежденные покрытия краски и лака следует восстанавливать. Необходимо следить за тем, чтобы болты и гайки были тщательно затянуты. Провод заземления корпуса реостата должен быть плотно прижат к лапе основания, контактная поверхность — тщательно очищена от краски и грязи.

При периодических осмотрах реостатов надо продуть их сжатым воздухом из шланга или ручными мехами и протереть сухой ветошью. Снять крышку, проверить чистоту рабочей поверхности контактов и состояние зажимов на элементах и в случае их ослабления подтянуть винты и гайки. Вращением маховичка проверить легкость перемещения щетки по контактам. Если маховичок ходит туго и неравномерно, необходимо устранить перекосы и закрепить винты на крышке реостата, после чего маховичок возвратить в крайнее левое положение до упора.

Неисправность реостата немедленно сказывается на работе электрооборудования. Так, например, если генератор не возбуждается или дает пониженное напряжение, то причиной может быть загрязнение контактов шунтового реостата или плохой контакт в цепи возбуждения генератора. Если при включении генератора напряжение его медленно падает, а щетки искрят, то это показывает, что в цепи шунтового реостата имеется заземление. Если генератор дает повышенное напряжение, причем поворотом маховичка шунтового реостата не достигается пони-

---

[1] Журн. «Энергетик» № 7, 1954.

жение напряжения, то очевидно, что шунтовой реостат имеет соединение с корпусом и сопротивления его шунтируются. Скорость двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением бывает выше номинальной при обрыве или плохом контакте в цепи шунтового реостата.

Неисправности пусковых реостатов можно определить по следующим признакам. Если электродвигатель не вращается при включении пускового реостата, то это указывает на то, что сгорел плавкий предохранитель или элемент сопротивления пускового реостата. Прерывание тока в цепи якоря двигателя свидетельствует о загрязнении контактов реостата или ослаблении давления щетки на контакты. Если при повороте маховичка реостата влево до положения «стоп» электродвигатель не останавливается, то это означает, что приварились главные контакты контактора в пусковом реостате вследствие недостаточного нажатия между ними.

Особенностью работы реостатов является значительно больший нагрев по сравнению с машинами и другими аппаратами. При всяком нагреве трудно поддерживать надежность контактов. Он ведет к понижению срока службы изоляции и самих элементов сопротивлений. Во время эксплуатации сопротивлений встречаются следующие неполадки:

1) обрыв во внутренней цепи сопротивлений; его устраняют, разобрав реостат и заменив неисправный элемент запасным; при отсутствии запасного используют различные способы ремонта путем паяния или сварки элементов;

2) замыкание проводников в элементах сопротивлений; для устранения его надо разъединить проводники и вложить между ними дополнительную изоляцию из нагревостойкого изоляционного материала;

3) плохие контакты во внутренней цепи сопротивлений; восстановление качества контактов производится путем зачистки поверхности контактных соединений или замены контактных винтов новыми.

Во время ремонта элементов сопротивлений особую трудность представляет восстановление перегревшихся элементов из нихрома, работающих при высоких температурах. Рационализаторами разработан следующий способ восстановления элементов, который применим как для проволочных, так и для ленточных элементов; концы элементов отгибаются под углом 90° и обматываются медной проволокой по длине 8—10 *мм* виток к витку вплотную; медный бандаж зажимается между медным и угольным электродами, присоединенными к понижающему трансформатору с секционированной обмоткой, позволяющей регулировать сварочный ток в пределах от 20 до 80 *а;* место соединения разогревается за счет потерь энергии в контакте до 1000°, и медь начинает плавиться. В этот момент оттягивают угольный электрод и поддерживают несколько секунд дугу, в

которой нихром сплавляется с медью. В месте соединения образуется новый сплав со значительно меньшим сопротивлением, чем нихром. После такого ремонта спираль никогда не перегорает в месте сварки.

## § 4. РЕМОНТ КОНТРОЛЛЕРОВ

Контроллеры являются сложными аппаратами, поэтому неисправности их могут быть разнообразны. Различают неисправности электрического и механического характеров, которые проявляют себя при работе двигателей, управляемых контроллером. Разберем несколько характерных примеров.

Пример 1. При включении контроллера уже на первом положении срабатывает максимальное реле или двигатель развивает слишком большое ускорение и не удается получить достаточно малую скорость.

Причиной может быть слишком малое сопротивление первой ступени регулировочного реостата вследствие замыкания витков или ошибки в схеме соединений контроллера.

Пример 2. На первом положении контроллера двигатель не вращается вхолостую.

Причиной может быть слишком большое сопротивление реостата из-за ошибки в схеме, плохого контакта или обрыва элемента сопротивления. Предварительно надо проверить целость плавких предохранителей.

Пример 3. Двигатель начинает вращаться только на третьем положении контроллера, причем резко «рвет» с места.

Причиной может быть нарушение контакта или перегорание элементов сопротивлений первых двух ступеней регулировочного реостата.

Механические неисправности барабанных контроллеров заключаются в износе сухариков или сегментов, ослаблении крепления сегментов, поломке деталей пальцев или блокировочных механизмов. При смене изношенных сухариков или сегментов пользуются запасными частями, полученными с завода-изготовителя. Если запасные части отсутствуют, их приходится изготовлять из твердой меди в ремонтном цехе. После привинчивания новых сегментов барабан протачивают, чтобы все сегменты располагались на окружности одного диаметра. Головки винтов не должны выступать над поверхностью сегментов, поэтому для них делают достаточные углубления. Провал сухариков между сегментами и нажатие пальцев на барабан не должны превышать величин, указанных в заводских инструкциях.

Для сборки контактов пальцев контроллера и сегментов применяют приспособление, представляющее собой плиту с двумя стойками-призмами, на которые кладут шейки вала барабана. К стойкам с боков привертывают планки с выступами, по которым устанавливают пластины контактов. Пользование приспособлением ускоряет сборку, обеспечивает правильное положение контактов и гарантирует необходимые зазоры между ними. После ремонта необходимо проверить схему соединений сегментов при помощи контрольной лампы.

При периодических ежемесячных осмотрах контроллеров кулачкового типа требуется производить следующие работы:

1) удалить пыль, грязь и масло с деталей внутри аппарата, обтерев их ветошью; труднодоступные места следует продуть сжатым воздухом;

2) места, подвергнутые коррозии, зачистить мелким напильником или шабером; зачищенные места, кроме контактных поверхностей, смазать вазелином или покрасить;

3) проверить затяжку болтов и в случае необходимости подтянуть;

4) проверить легкость хода и отсутствие заеданий подвижных частей, роликов и подшипников;

5) проверить целость изоляционных деталей и заменить поломанные;

6) проверить состояние монтажа проводов и катушек; проводники внутреннего монтажа необходимо прочно закрепить, они не должны касаться корпуса аппарата и тереться один о другой. Наконечники проводов и кабелей следует прочно закреплять. Катушки должны плотно сидеть на сердечниках;

7) проверить качество поверхности контактов, растворы, провалы и нажатие контактов, а также исправность пружин;

8) проверить последовательность замыкания контактов согласно схеме;

9) проверить наличие смазки трущихся деталей и в случае необходимости добавить смазку.

## § 5. РЕМОНТ КОНТАКТОРОВ

Работа контактора сопровождается сильными ударами при замыкании магнитной цепи, поэтому все соединения механических деталей и электрический монтаж должны быть выполнены надежно и предохранены от расшатывания и самоотвинчивания резьбовых соединений.

Основное условие надежной работы контактора — это исправное состояние его контактов. Необходимо проверять нажатие, провал и раствор контактов в соответствии с данными заводских инструкций.

В правильно отрегулированном контакторе замыкание контактов должно происходить по следующей схеме (рис. 79, *а*). В положении *I* происходит начальное касание контактов, в положении *II* — так называемое перекатывание контактов и в положении *III* — их конечное нажатие. Размыкание происходит в обратной последовательности. Таким образом, точка конечного касания предохраняется от обгорания при разрыве контактов, а перекатывание способствует автоматической чистке поверхности при каждом включении и отключении.

Начальное нажатие измеряют при отключенном контакторе.

Из тонкой проволоки делают петлю и надевают ее на контакт в точке начального касания контактов. Между контактом *1* и упором контакта *2* вкладывают тонкую полоску бумаги (рис. 79, *б*). Пружинный динамометр, на крюк которого надета петля, оттягивают в направлении стрелки *Р*. Начальное нажатие контактов определяется по показанию динамометра в момент, когда полоску бумаги можно легко вытянуть.

Конечное нажатие измеряют при замкнутом от руки контакторе. Во время регулировки конечного нажатия полоску бумаги вставляют между контактами (рис. 79, *в*).

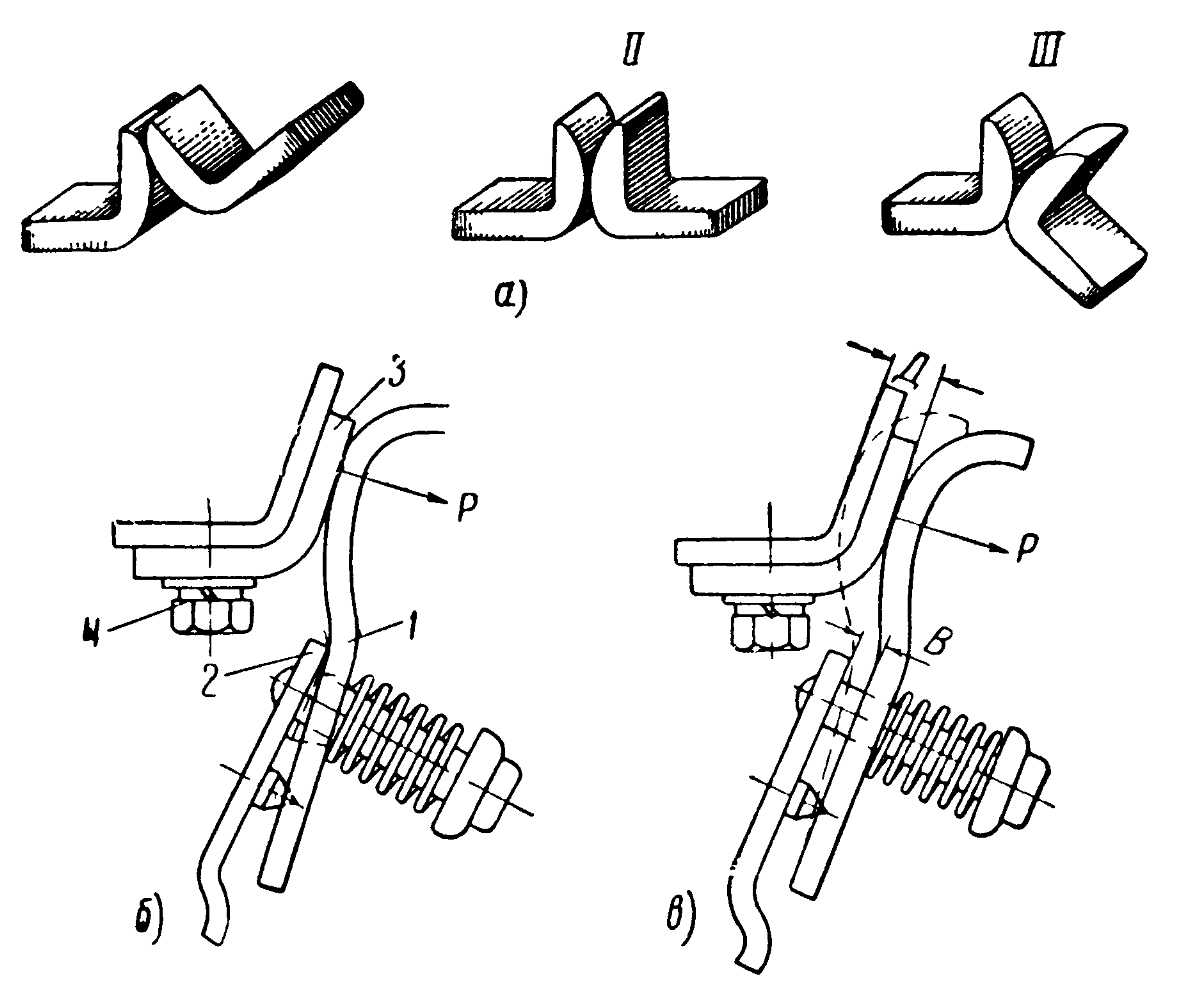



**Рис. 79. Схемы регулирования контактов:**

*а* — последовательность включения контактов, *б* — проверка начального нажатия контактов, *в* — проверка конечного нажатия контактов

Провал контактов *Д* непосредственно измерить невозможно. Величина его контролируется измерением зазора *В* между подвижным контактом и упором. Раствор контактов измеряют в самом узком месте между контактами разомкнутого контактора.

При смене контактов необходимо убедиться в том, что профиль рабочей части контакта соответствует профилю неизношенного контакта данного контактора. При установке контакта *3* необходимо под головку болта подложить пружинную шайбу *4*. Включением контактора от руки проверяют боковое смещение подвижного и неподвижного контактов, которое не должно быть больше 1 *мм*. Прикасание контактов должно происходить по линии на длине, не меньшей 70% ширины контакта. Разрыв и притирание контактов определяют при полном угле поворота вала во время включения и отключения. Увеличение провала неизбежно ведет к уменьшению раствора контактов. Начальное нажатие не должно быть меньше нормы из-за возможности

вибраций контактов и приваривания их во время включения. Уменьшенное конечное нажатие при нормальном начальном нажатии указывает на уменьшение провала из-за износа контактов. Контакты следует периодически очищать от грязи и удалять личным напильником мелкие застывшие капли металла.

После отключения больших аварийных токов контактор нужно осмотреть и контакты очистить от капель застывшего металла. Включение контактора с каплями на контактах поведет к расплавлению и приварке контактов даже при нормальном рабочем токе. Приварка контактов может повлечь тяжелую аварию в системе, так как они будут не в состоянии разомкнуться во время отключения.

Во включенном контакторе магнитная система издает легкий равномерный гул, подобный гудению трансформатора. Если гудение начинает сопровождаться дребезжанием, то это означает, что контактор неисправен. Причинами могут быть: а) чрезмерно большое нажатие контактов, б) повреждение короткозамкнутого витка, в) грязь или ржавчина на торцовой шлифованной поверхности ярма или якоря, г) заедание вала в подшипниках, д) повреждение катушки, е) перекос торцовых плоскостей ярма или якоря.

Если устранение первых четырех причин не прекращает дребезжания якоря, следует проверить исправность катушки. Перекос торцовых поверхностей ярма и якоря может произойти от механического износа, от смещения листов шихтованных сердечников или от изменения положения якоря относительно ярма. Для проверки точности пригонки поверхностей ярма и якоря между ними прокладывают лист копировальной бумаги и контактор замыкают от руки. По отпечатку на шлифованной поверхности судят о величине площади соприкосновения, которая должна составлять не менее 70% от общей площади магнитопровода. При меньшей поверхности соприкосновения производят регулировку поворотом ярма, а в случае образования зазора — пришабривание вдоль слоев шихтовки ярма и якоря.

Вал должен поворачиваться в подшипниках легко, без заеданий. Если вал заедает, следует смазать подшипник 3—5 каплями машинного масла с помощью масленки через специальное отверстие. При смазке необходимо следить, чтобы масло не попало на изоляционные детали, так как оно действует разрушительно. Если после смазки вал продолжает поворачиваться туго, это свидетельствует о перекосе подшипников. Надо слегка ослабить затяжку болтов, крепящих подшипники, и несколько раз включить и отключить контактор рукой для самоустановки подшипников. После этого болты надо снова затянуть. При износе вкладыша, когда зазор между ним и валом превышает допустимый, следует заменить вкладыши. Новые вкладыши

можно выточить из латуни или бронзы. После забивки в отверстие подшипника вкладыши надо развернуть при помощи развертки.

## § 6. РЕМОНТ РЕЛЕЙНОЙ АППАРАТУРЫ

Типы реле настолько разнообразны по конструкциям и принципам действия, что невозможно привести типовые операции обслуживания и ремонта релейной аппаратуры. Поэтому здесь будут даны только примеры, помогающие обнаруживать и устранять неисправности в релейной аппаратуре наиболее распространенных типов.

В качестве примера рассмотрим причины неисправностей электромагнитных реле серии ЭР.

Если реле не включается, то причинами могут быть: обрыв в цепи катушки, несоответствие катушки расчетным данным, слишком большой зазор между сердечником и якорем или механическое заедание подвижной системы.

Перегрев контактов реле вызывается недопустимо большой нагрузкой, малым контактным нажатием, чрезмерным износом контактов, загрязнением или обгоранием контактов.

Если якорь прилипает к сердечнику, то возможно, что сработалась немагнитная прокладка.

При изменении уставки срабатывания реле причинами могут быть: уменьшение давления пружины, расклепывание немагнитной прокладки или нарушение регулировки.

Регулировка реле электромагнитного типа во многом аналогична регулировке контакторов. При этом проверяют и регулируют зазоры, нажатия, провал контактов, легкость вращения и изоляцию токоведущих частей. Перед пуском установки все реле настраивают в соответствии с данными проекта. При настройке реле напряжения и тока фиксируют положения втягивания и отпускания. На основании этих данных вычисляют коэффициент возврата реле, представляющий отношение тока отпускания к току втягивания. Регулировка производится путем изменения величины зазора, натяжения пружины и добавочного сопротивления, если оно имеется. Необходимо иметь в виду, что регулировка натяжения пружины одновременно изменяет ток или напряжение втягивания и отпускания.

Реле обеспечивает нормальную работу только при условии надлежащего обслуживания. Они должны содержаться чистыми от пыли и грязи, сухими, с подтянутыми контактными и крепежными винтовыми соединениями. В условиях эксплуатации необходимо следить за состоянием контактов и регулярно их осматривать. При появлении на поверхности контактов копоти их нужно протереть чистой тряпкой, слегка смоченной в бензине или спирте. Если контакты обгорели и на поверхности их образовались капли серебра, то нужно зачистить их «бархатным»

напильником, снимая только выступающие капли и не задевая тела самого контакта. При этом необходимо сохранить радиус закругления контакта. После зачистки контакты следует протереть сухой чистой ветошью, увлажненной спиртом или бензином. Зачистка контактов наждачным полотном, а также смазка их не допускаются. По мере работы реле контакты изнашиваются. После того как толщина серебряных напаек дойдет до 0,5 *мм*, контакты необходимо заменить новыми.

Проверку тепловых реле производят периодически в зависимости от условий эксплуатации. После замены нагревательного элемента реле надо проверить, чтобы оно не срабатывало при номинальном токе двигателя в продолжение установленного техническими условиями времени. Выдержку времени для каждого полюса и фазы производят самостоятельно. Окружающая температура во время проверки должна быть 35°. При других температурах необходимо установить измененную величину тока, которая вычисляется по формулам.

При монтаже реле электромагнитного типа должны быть установлены в вертикальном положении. Перед включением необходимо снять с деталей защитную смазку и протереть их тряпкой. После проверки нажатий, провалов контактов и исправности механической части надо включить втягивающую катушку в цепь и проверить калибровку реле в соответствии с данными, указанными в заводской документации или на табличке.

## § 7. РЕМОНТ МАСЛЯНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

От исправной работы масляных выключателей зависят электроснабжение и защита от токов коротких замыканий отдельных участков электрических сетей и ответственных объектов электрооборудования. При нарушении условий эксплуатации масляных выключателей особенно в отношении поддержания уровня и надлежащего качества масла может произойти взрыв масляного выключателя. Поддержание масляных выключателей в исправном состоянии производится путем текущих и капитальных ремонтов.

В процессе текущего ремонта производится: 1) наружный осмотр выключателя и места его установки; 2) проверка изоляторов, контактных соединений, болтовых соединений, тросов для опускания бака; 3) проверка уровня масла; 4) осмотр световой сигнализации и блокировки; 5) подкраска токоведущих шин и шин заземления; 6) взятие пробы масла для анализа, а в случае необходимости смена масла.

В процессе капитального ремонта производится: 1) полная разборка всех узлов масляного выключателя; 2) замена изношенных частей; 3) испытание отдельных узлов и деталей на электрическую прочность; 4) сборка масляного выключателя и установка его на место.

## § 8. РЕМОНТ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ

В процессе текущего ремонта электросварочных аппаратов осуществляется: 1) наружный осмотр и протирка аппарата; 2) продувка трансформатора; 3) проверка переключателей напряжения; 4) зачистка электродов; 5) осмотр всей пускорегулирующей аппаратуры и электропроводки от сварочного аппарата до распределительного щита.

В процессе капитального ремонта производится: 1) ремонт трансформатора с пропиткой и сушкой; 2) замена электродов; 3) ремонт ограждений и кожуха; 4) проверка и зачистка шин со стороны низшего напряжения; 5) проверка изоляции мегомметром.

## § 9. РЕМОНТ КАТУШЕК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Во всех электрохозяйствах налажено более или менее систематическое изготовление катушек, так как эти аппараты применяются в больших количествах и требуют периодического ремонта. При намотке катушек требуется следующее оборудование: намоточные станки с набором оправок, реечный пресс с набором штампов для вырубки изоляционных прокладок, гильотинные ножницы для резки изоляционных материалов, электропаяльник, микрометр, ножницы, кусачки и приспособления для пропитки катушек.

Перед намоткой необходимо нарезать и выштамповать все изоляционные прокладки и жесткие выводы, затем собрать оправку и установить ее на станок. Установленную оправку обертывают картонной прокладкой, предварительно подложив под нее четыре отрезка тафтяной ленты для скрепления витков катушки. Если катушка наматывается из тонкого провода, то необходимо припаять к ее началу вывод из более толстой проволоки. При намотке необходимо следить за тем, чтобы наматываемый провод не имел оголенных мест. Каждый слой витков катушки смазывается изоляционным лаком для повышения ее влагостойкости. В цехах с лучшим оснащением послойная промазка лаком заменяется компаундировкой полностью намотанной катушки. Через несколько слоев провода прокладываются заранее нарезанными прокладками из конденсаторной бумаги. Перед снятием катушки со станка сшивают куски изоляционной ленты для удерживания витков. Каждая катушка после изготовления проверяется на отсутствие междувитковых замыканий переменным током промышленной частоты при номинальном напряжении на разъемном электромагните. Кроме того, проверяется активное сопротивление катушки, электрическая прочность изоляции относительно корпуса и габаритные размеры катушки согласно чертежу или образцу изготовленной и проверенной катушки.

Чтобы намотать катушку, надо знать ее обмоточные данные, т. е. число витков, диаметр и марку провода, которая определяется его изоляцией. Для серийных аппаратов эти данные обычно берут из заводских каталогов или справочной литературы. Если сгорела катушка аппарата, на которую нет обмоточных данных, то можно определить их по вышедшей из строя катушке. В практике ремонта часто встречаются случаи, когда в ремонт поступают аппараты старых типов или иностранных фирм, на которых не сохранились старые обмотки. В этих случаях перед началом намотки необходимо определить обмоточные данные.

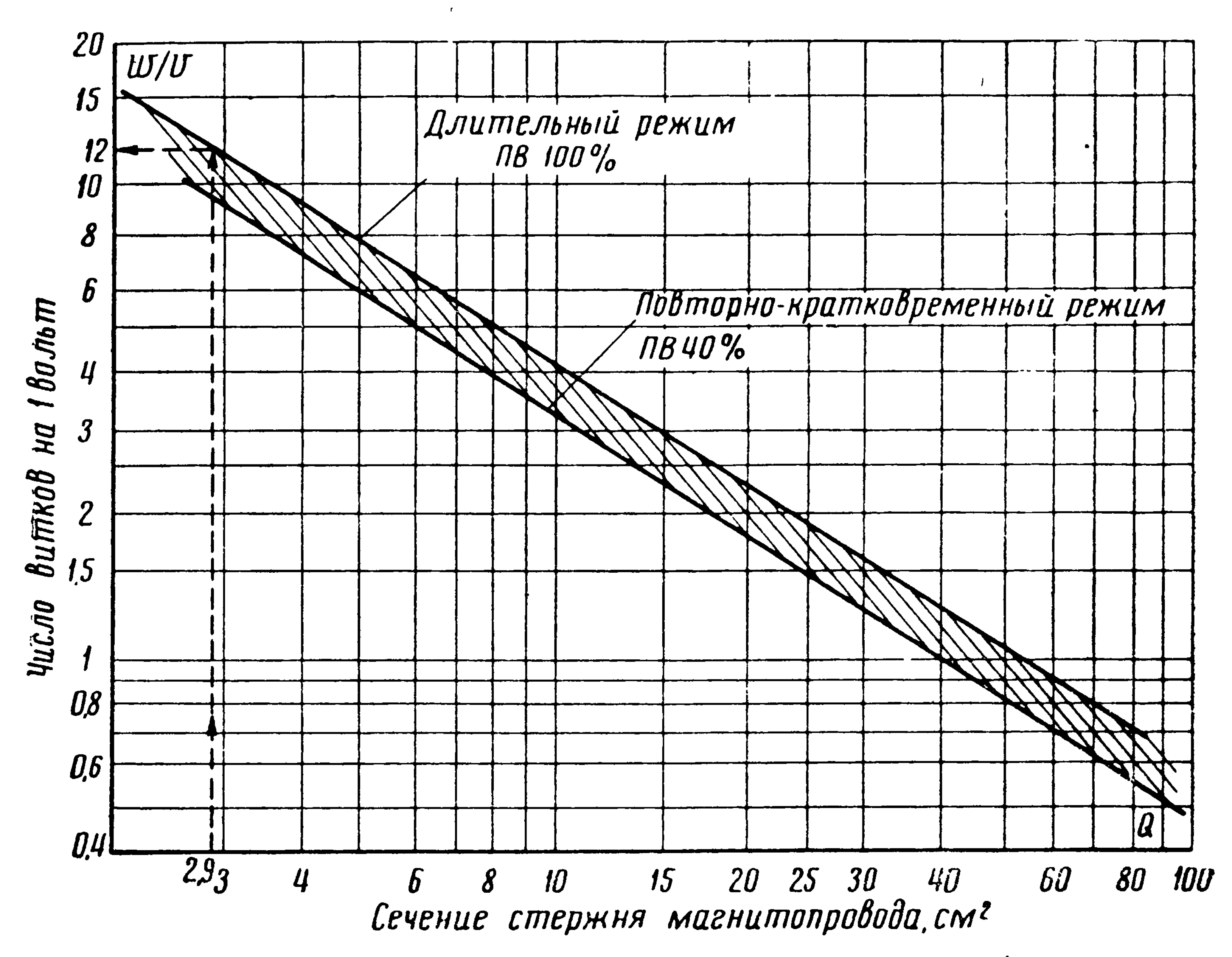



Рис. 80. График для определения числа витков на 1 *в*

К. Ф. Домбровским[1] разработан простой способ определения обмоточных данных катушки, по которому можно быстро и с достаточной точностью определить обмоточные данные катушек аппаратов переменного тока. Для этого сначала надо определить, в каких условиях будет работать аппарат. Большинство аппаратов работает на повторно-кратковременном режиме. Это значит, что часть времени аппарат работает, а в другую часть времени бывает отключен. Обычно за период принимают отрезок времени 10 мин. Если в течение 10 мин. аппарат 4 мин. включен, а 6 мин. отключен, то его продолжительность включения составляет 40%. Сокращенно продолжи-

---

[1] Журн. «Энергетик» № 3, 1957.

тельность включения обозначают начальными буквами ПВ. Если аппарат работает длительно, то его продолжительность включения принимают за 100%.

Число витков катушки зависит от поперечного сечения стержня сердечника, на который она надевается. Зная сечение стержня, можно по графику на рис. 80 определить число витков на 1 *в* напряжения катушки в зависимости от продолжительности включения. Если, например, сечение стержня аппарата для длительного включения составляет 2,9 *см*², то, отложив это число на нижней стороне рамки, проводим вертикальную пунктирную линию до пересечения с наклонной линией графика. От точки пересечения проводим горизонтальную пунктирную линию до вертикальной стороны рамки и по цифре на ней узнаем, что число витков на 1 *в* должно быть 12.

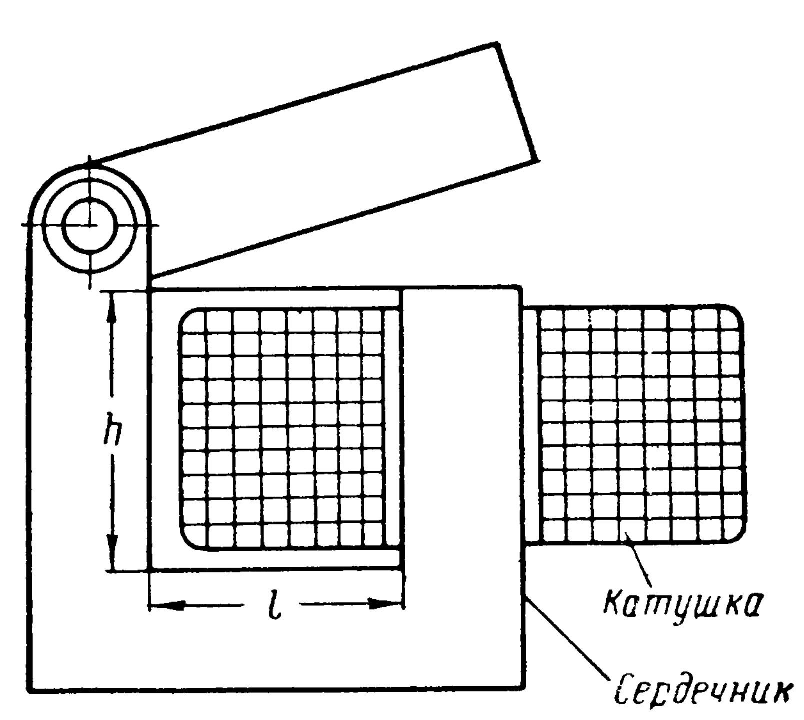



Рис. 81. Магнитопровод электрического аппарата

Если аппарат будет включен в сеть напряжением 380 *в*, то общее число витков катушки $w = 12 \times 380 = 4560$ витков.

Теперь надо определить площадь окна $q$, в котором располагаются витки катушки. Как видно из рис. 81, для этого надо умножить высоту стержня $h$ на расстояние между стержнями $l$:

$$q = h \times l.$$

Однако проводники обмотки занимают не всю площадь окна, так как часть площади отведена под изоляцию, промежутки между витками и зазоры между катушкой и стержнем. Чтобы узнать, какую часть площади окна занимают проводники, надо определить коэффициент заполнения. Это можно сделать по графику на рис. 82. Допустим, что в ремонтируемом аппарате площадь окна $q = 680$ *мм*². Отложим это число на нижней стороне рамки и проведем пунктирную линию до пересечения со средней наклонной линией, как показано на рисунке. Из точки пересечения проведем горизонтальную пунктирную линию и по цифре на вертикальной стороне рамки узнаем коэффициент заполнения $к_з = 0{,}21$. Значит проводники обмотки занимают только 21% площади окна. Общее сечение всех проводников можно определить, умножив площадь окна на коэффициент заполнения:

$$q_0 = 680 \times 0{,}21 = 143 \text{ мм}^2.$$

Чтобы определить диаметр провода, надо рассчитать, сколько витков приходится на 1 *мм*² сечения катушки. Разделим

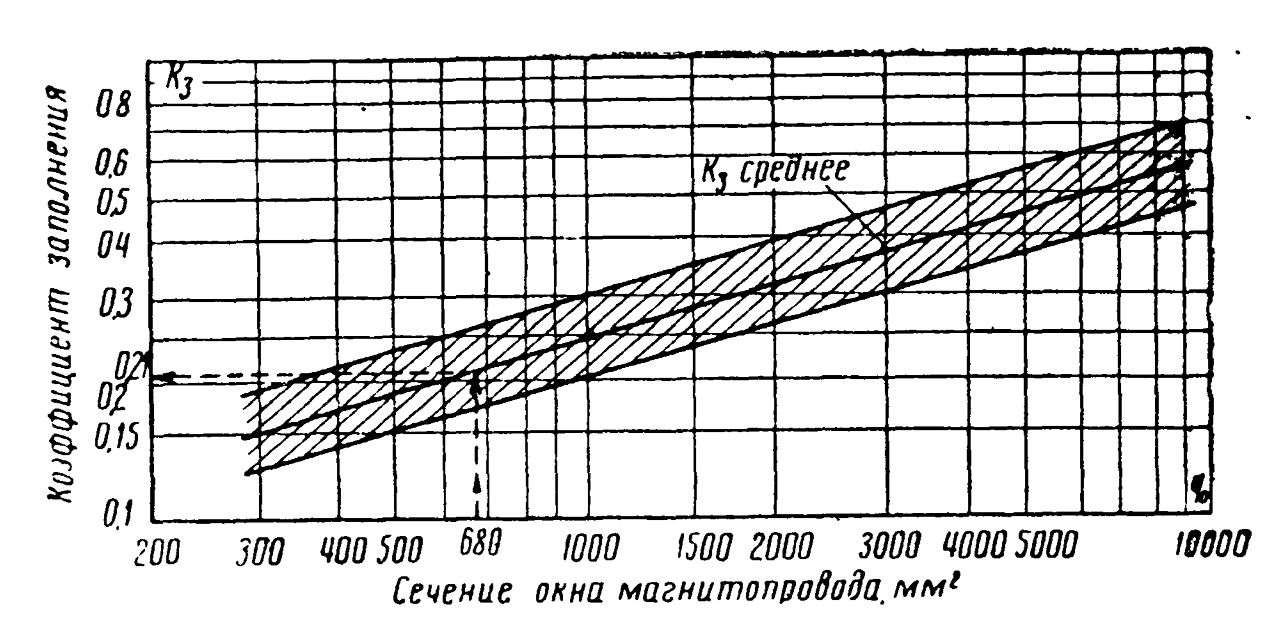



Рис. 82. График для определения коэффициентов заполнения

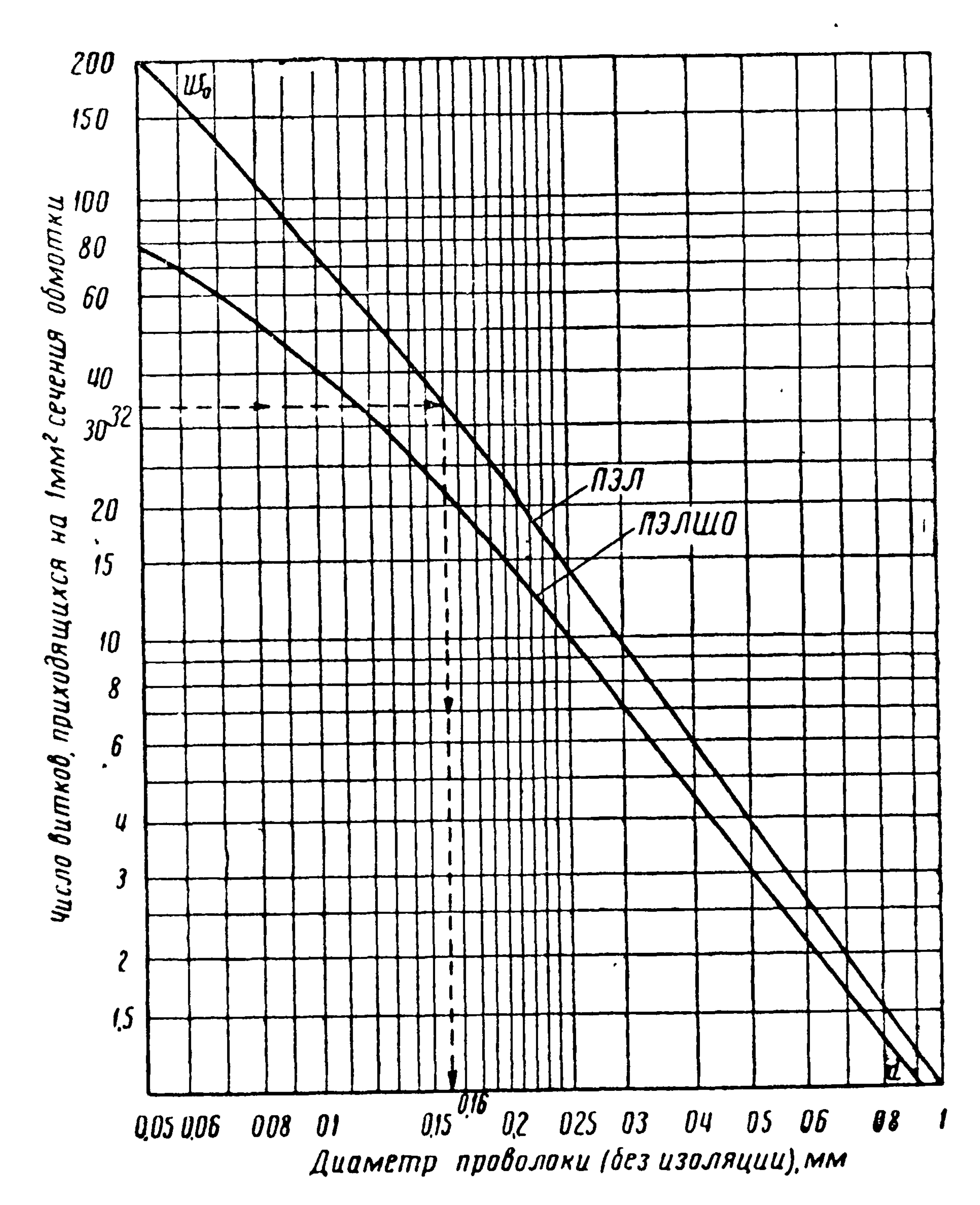



Рис. 83. График для определения диаметра проводов ПЭЛ и ПЭЛШО

общее число витков на общее сечение всех проводников и узнаем, что на 1 *мм*² приходится $w_0 = 4560 : 143 = 32$ витка. Диаметр провода определяется по графикам на рис. 83 или 84. Катушки магнитных пускателей, реле и контакторов рассчитывают по графику на рис. 83, который составлен для проводов ПЭЛ (провод с эмалевой изоляцией) и ПЭЛШО (провод с эмалевой изоляцией и одним слоем шелковой обмотки). Катушки тормозных магнитов и контакторов с тяжелым режимом работы рассчитывают по графику на рис. 84, который составлен

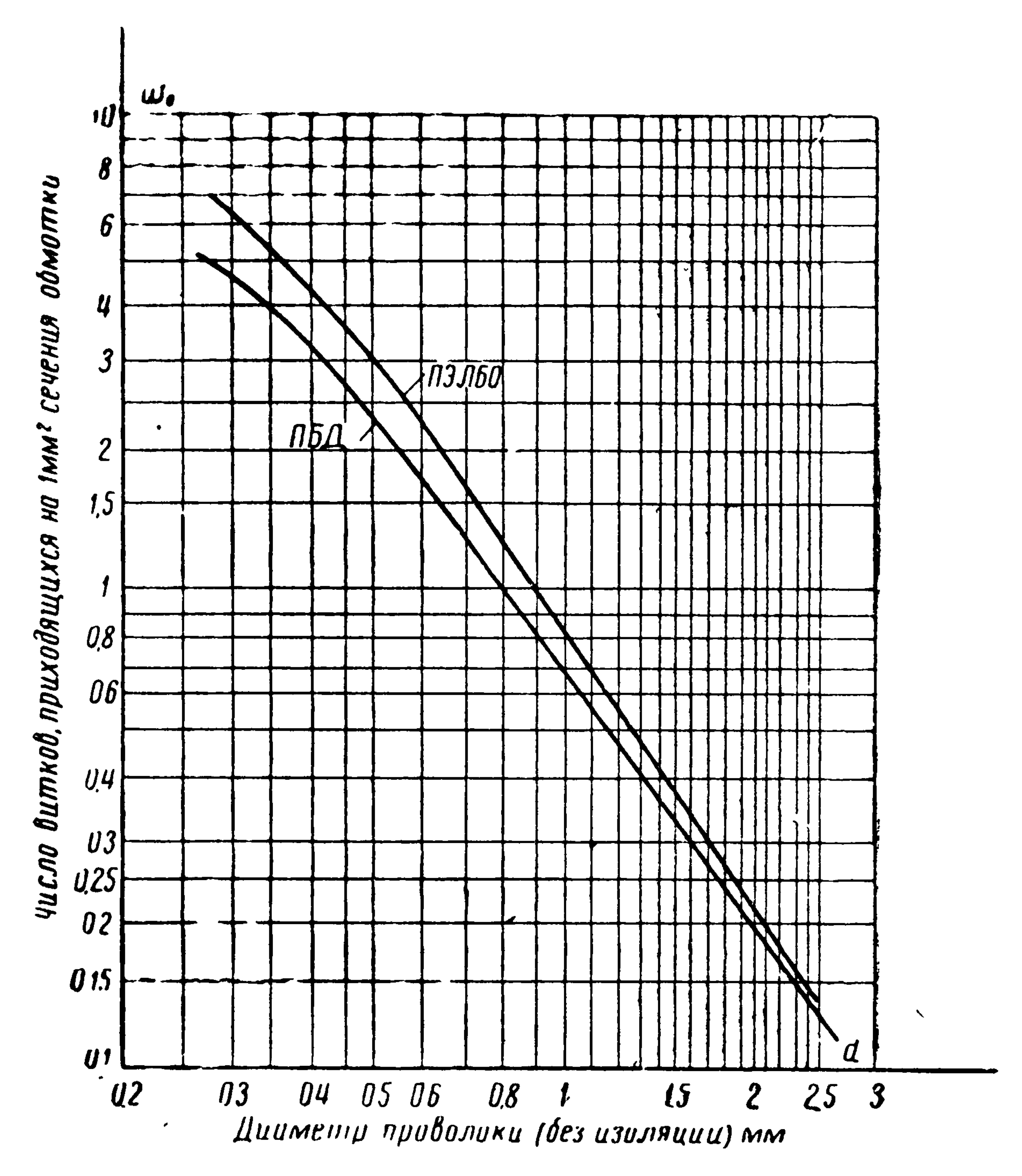



Рис. 84. График для определения диаметра проводов ПБД и ПЭЛБО

для проводов ПЭЛБО (провод с эмалевой изоляцией и одним слоем хлопчатобумажной обмотки) и ПБД (провод с двумя слоями хлопчатобумажной обмотки).

Допустим, что в ремонт поступил магнитный пускатель, а катушка намотана из провода ПЭЛ. Для определения диаметра провода отложим на вертикальной стороне рамки (рис. 83) число витков, приходящихся на 1 *мм*² сечения катушки, которое было нами подсчитано и оказалось $w_0 = 32$ витка. Проводим горизонтальную пунктирную линию до пересечения с графиком, обозначенным буквами ПЭЛ. Из точки пересечения проводим вертикальную пунктирную линию и на нижней сто-

роне рамки прочтем диаметр провода (без изоляции) $d = 0,16$ *мм*. Если полученный по графику диаметр окажется не стандартным, то по табл. 6 надо взять ближайший стандартный диаметр. Толщину изоляции находим по табл. 7. Она равна 0,02 *мм*. Диаметр изолированного провода $d_{из} = 0,16 + 0,02 = 0,18$ *мм*.

*Таблица 6*

**Обмоточные провода медные, круглые**

| Диаметр *d*, *мм* | Сечение *s*, *мм*² | Вес 1 *км* *G*, *кг* | Диаметр *d*, *мм* | Сечение *s*, *мм*² | Вес 1 *км* *G*, *кг* |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,13 | 0,01327 | 0,1180 | (0,77) | 0,466 | 4,14 |
| 0,14 | 0,01539 | 0,1368 | 0,80 | 0,503 | 4,47 |
| 0,15 | 0,01767 | 0,1571 | (0,83) | 0,541 | 4,81 |
| 0,16 | 0,0201 | 0,1788 | 0,86 | 0,581 | 5,16 |
| 0,17 | 0,0227 | 0,202 | (0,90) | 0,636 | 5,66 |
| 0,18 | 0,0255 | 0,226 | 0,93 | 0,679 | 6,04 |
| 0,19 | 0,0284 | 0,252 | (0,96) | 0,724 | 6,43 |
| 0,20 | 0,0314 | 0,279 | 1,00 | 0,785 | 6,98 |
| 0,21 | 0,0346 | 0,308 | (1,04) | 0,849 | 7,55 |
| 0,23 | 0,0415 | 0,369 | 1,08 | 0,916 | 8,14 |
| 0,25 | 0,0491 | 0,436 | (1,12) | 0,985 | 8,75 |
| 0,27 | 0,0573 | 0,509 | 1,16 | 1,057 | 9,40 |
| 0,29 | 0,0661 | 0,587 | 1,20 | 1,131 | 10,05 |
| 0,31 | 0,0755 | 0,671 | 1,25 | 1,227 | 10,91 |
| 0,33 | 0,0855 | 0,760 | 1,30 | 1,327 | 11,80 |
| 0,35 | 0,0962 | 0,855 | 1,35 | 1,431 | 12,73 |
| 0,38 | 0,1134 | 1,008 | 1,40 | 1,539 | 13,69 |
| 0,41 | 0,1320 | 1,173 | 1,45 | 1,651 | 14,68 |
| 0,44 | 0,1521 | 1,352 | 1,50 | 1,767 | 15,71 |
| 0,47 | 0,1735 | 1,542 | 1,56 | 1,911 | 16,99 |
| (0,49)* | 0,1886 | 1,676 | (1,62) | 2,06 | 18,32 |
| 0,51 | 0,204 | 1,816 | 1,68 | 2,22 | 19,71 |
| (0,53) | 0,221 | 1,961 | (1,74) | 2,38 | 21,1 |
| 0,55 | 0,238 | 2,11 | 1,81 | 2,57 | 22,9 |
| (0,57) | 0,255 | 2,27 | (1,88) | 2,78 | 24,7 |
| 0,59 | 0,273 | 2,43 | 1,95 | 2,99 | 26,5 |
| (0,62) | 0,302 | 2,68 | (2,02) | 3,20 | 28,5 |
| 0,64 | 0,322 | 2,86 | 2,10 | 3,46 | 30,8 |
| (0,67) | 0,353 | 3,13 | 2,26 | 4,01 | 35,7 |
| 0,69 | 0,374 | 3,32 | 2,44 | 4,68 | 41,6 |
| (0,72) | 0,407 | 3,62 | 2,63 | 5,43 | 48,3 |
| 0,74 | 0,430 | 3,82 | 2,83 | 6,29 | 55,9 |

* Диаметры проводов, заключенные в скобки, являются малоупотребительными.

При расчетах катушек по данному способу в большинстве случаев результаты получаются удовлетворительные. Если же после намотки катушек аппарат работает плохо, то для исправления обмоточных данных катушки следует руководствоваться следующим: когда якорь плохо притягивается к ярму и дребезжит, то это указывает на то, что число витков слишком велико; в случае же, когда магнитная система контактора работает

*Таблица 7*

**Толщина (двухсторонняя) изоляции круглых обмоточных проводов,** *мм*

| Марки провода | При диаметре голой проволоки, *мм* | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,05—0,09 | 0,10—0,19 | 0,20—0,25 | 0,27—0,29 | 0,31—0,35 | 0,38—0,49 | 0,51—0,69 | 0,72—0,96 | 1,00—1,45 | 1,50—2,10 | 2,26—5,20 |
| ПЭЛШО . . . | 0,07 | 0,075 | 0,09 | 0,10 | 0,105 | 0,11 | 0,115 | 0,125 | 0,135 | 0,155 | — |
| ПЭЛБО . . . | — | — | 0,125 | 0,155 | 0,16 | 0,165 | 0,17 | 0,18 | 0,21 | 0,21 | — |
| ПБО . . . . | — | — | 0,10 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | — |
| ПБД . . . . | — | — | 0,19 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,27 | 0,27 | 0,33 |
| ПЭЛ . . . . | 0,015 | 0,02 | 0,025 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,1 | 0,1 |
| ПЭВ-2 . . . . | 0,03 | 0,04 | 0,045 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,12 | — |

хорошо, а катушка сильно нагревается, то надо увеличить сечение провода.

В процессе ремонта часто приходится изменять обмоточные данные катушек аппаратов на другое напряжение. Прежде всего по каталогу или справочнику надо узнать обмоточные данные втягивающих катушек данного типа аппарата для нового напряжения, а если каталога или справочника нет под руками, то расчет вести, руководствуясь следующим: *число витков пропорционально напряжению, а сечение провода примерно обратно пропорционально напряжению.*

Так, например, если катушка контактора магнитного пускателя П-422 на 220 *в* имеет 850 витков и диаметр провода 0,64 *мм*, то при перемотке на 500 *в* число витков должно быть в $500 : 220 = 2,27$ раза больше, т. е. $850 \times 2,27 = 1930$ витков. Диаметру 0,64 соответствует сечение 0,322 $мм^2$ (см. табл. 6). В новой катушке сечение провода должно быть $0,322 : 2,27 = 0,142$ $мм^2$. По табл. 6 этому сечению соответствует диаметр 0,41 *мм*.

## § 10. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Каждый аппарат после ремонта должен быть проверен и отрегулирован. Это позволяет избежать неполадок при работе аппарата.

Испытание аппаратов заключается в проверке электрической схемы и проверке качества изготовления и сборки механических частей. Испытания разделяются на типовые и контрольные.

На типовые испытания из партии отбирается несколько вышедших из ремонта аппаратов. В программу типовых испытаний входит проверка износоустойчивости аппарата путем испытания его на количество включений, проверка влагостойкости, нагревостойкости изоляции, проверка стабильности характеристик и устойчивости настройки аппарата и т. п.

Контрольным испытаниям подвергается каждый вышедший из ремонта аппарат. При этом проверяют качество сборки, поверхности контактов и правильность их положения, правильность всех электрических соединений согласно схеме, легкость хода подвижных частей, нажатие, раствор и провал контактов, соответствие настройки аппарата техническим условиям, сопротивление изоляции и т. п.

Для проверки соответствия катушек напряжению питающей сети производится измерение их сопротивления постоянному току. Согласно требованиям Правил устройства электроустановок электромагнитные аппараты должны четко включаться при

подаче на втягивающие катушки напряжения, составляющего 85% от номинального. Практически испытания на проверку втягивающих катушек производят при напряжении 80% от номинального, понижая напряжение сети при помощи трансформатора.

Сопротивление изоляции катушек аппаратов Правилами устройства электроустановок не нормируется. Практически следует считать допустимым сопротивление изоляции не ниже 1 *мгом*. Катушки с пониженным сопротивлением изоляции подвергают сушке в специальных сушильных камерах или путем пропускания через катушки тока.

---

## Глава IX

# РЕМОНТ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

## § 1. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Прежде чем приступить к ремонту машины, необходимо установить характер ее неисправности. В ремонтной практике определение неисправности носит название дефектировки. От правильной дефектировки в значительной степени зависит срок, качество и стоимость ремонта. Результаты осмотра машины перед ремонтом заносятся в специальную дефектировочную ведомость.

Когда обнаруживается неисправность в работе машины, прежде всего надо определить, находится ли причина неисправной работы внутри машины или вне ее. К числу внешних причин относятся: перегрузка машины, повышенное или пониженное напряжение сети, обрыв одного или нескольких питающих проводов, неисправности аппаратуры пуска или управления, высокая температура окружающей среды, а также содержание в ней пыли, влаги, вредных для машины паров и газов.

Внутренние неисправности электрической машины можно разделить на механические, электрические и магнитные.

Механические неисправности проявляются в нарушении работы подшипников, поломках щеткодержателей, биении коллекторов, разрыве бандажей, искривлении валов и т. д.

Электрические неисправности заключаются в пробое изоляции, замыкании между витками обмотки, нарушении контактов в токонесущих деталях, обгорании коллекторов и т. д.

Магнитные неисправности сказываются в ненормальном нагреве сердечников, кончающимся иногда выгоранием части сердечника (так называемым «пожаром в железе»), вследствие нарушения изоляции между листами сердечника или неравномерного распределения магнитного потока между параллельными путями.

## § 2. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ НЕ ИДЕТ В ХОД

Асинхронный трехфазный двигатель может не идти в ход во время включения при работе вхолостую или под нагрузкой.

Если ротор двигателя не вращается вхолостую, то это означает, что у него отсутствует пусковой момент. Причины этой неисправности могут заключаться в следующем.

1. Обрыв питающей сети. Его можно определить, измерив вольтметром напряжение на зажимах двигателя между всеми тремя фазами.

2. Обрыв одной фазы статорной обмотки при включении звездой. Чтобы обнаружить это, надо проверить токи во всех фазах, которые должны быть примерно одинаковыми.

3. Износ подшипников и притягивание ротора к статору. До включения в сеть ротор может свободно вращаться от руки, а при включении притягиваться к статору и не вращаться. Обнаружить эту неполадку можно, проверив равномерность зазора между ротором и статором в нескольких точках по окружности.

Асинхронный двигатель может вращаться вхолостую, но иногда не берет с места под нагрузкой или останавливается при ее увеличении. Возможные причины заключаются в следующем.

1. Пониженное напряжение сети; при этом момент двигателя падает квадратично, т. е. при понижении напряжения на 10% момент уменьшается на 20%. В данном случае причина неполадки лежит вне двигателя. Для того чтобы ее обнаружить, надо измерить напряжение между фазами.

2. Обрыв фазы статорной обмотки при включении треугольником; его можно обнаружить, измерив линейные токи, которые при исправной обмотке должны быть примерно одинаковыми.

3. Междувитковые замыкания в обмотке статора. Замыкание может быть обнаружено измерением линейных токов.

4. Неправильные соединения обмотки статора. Если асинхронный двигатель, включенный в сеть с напряжением 220 *в*, соединен в звезду вместо треугольника, то момент уменьшится в три раза и двигатель не будет вращаться под нагрузкой.

## § 3. ИСКРЕНИЕ НА КОНТАКТНЫХ КОЛЬЦАХ

Причиной сильного искрения может быть распайка хомутиков в обмотке ротора, которая легко обнаруживается при его осмотре. Иногда искрение объясняется тем, что поверхность контактных колец стала неровной вследствие ржавления или подгорания. Во время хранения машины в сыром помещении щетка, кольцо и находящийся между ними влажный воздух образуют гальванический элемент и на поверхности кольца появляются пятна с матовым оттенком. При работе машины эти пятна вызывают искрение. Предупредить образование пятен во время

хранения машины можно, проложив между щетками и кольцами бумагу. Если обнаружены пятна на кольцах, надо их проточить и прошлифовать.

Искрение щеток может происходить вследствие плохой пришлифовки щеток, заедания щетки в обойме щеткодержателя, загрязнения контактных колец и щеток, слабого нажатия щеток, плохого контакта в цепи щеткодержателей и токоподводов.

Искрение может быть также вследствие перегрузки щеток по току. Поэтому надо следить за тем, чтобы плотность тока не превышала значений, указанных в табл. 5. Марки щеток следует выбирать согласно заводским данным, а при отсутствии их руководствоваться следующими указаниями табл. 8.

*Таблица 8*

**Рекомендуемые марки щеток для машин переменного тока**

| Тип машины | Плотность тока под щеткой, *а/см²* | Окружная скорость на кольцах, *м/сек* | Рекомендуемые марки щеток |
|---|---|---|---|
| Асинхронные двигатели с подъемом щеток: | | | |
| с повышенной окружностью тока . . . . . | До 20 | До 15 | МГС, МГ, МГ2 |
| с повышенной окружной скоростью . . . | » 15 | » 25 | МГС, МГ6, МГ |
| Асинхронные двигатели с постоянно налегающими на кольца щетками: | | | |
| с повышенной плотностью тока . . . . | » 20 | » 15 | МГС |
| с повышенной окружной скоростью . . . | » 15 | » 25 | МГС, МГ4, МГ6 |
| с нормальной плотностью тока . . . . | 10—12 | » 25 | МГ4, МГ6, ЭГ4 |
| Синхронные генераторы и двигатели: | | | |
| при низкой окружной скорости . . . . . . | До 8 | » 15 | Г3, Г2 |
| при средней окружной скорости . . . . . . | » 12 | » 25 | МГ4, ЭГ4 |
| при повышенной окружной скорости . . . . | » 10 | 25—40 | ЭГ4, ЭГ14, ЭГ12 |
| при высокой окружной скорости . . . . . . | » 9 | Свыше 40 | ЭГ83 |

Далее будут рассмотрены механические неисправности машин.

## § 4. ПЕРЕГРЕВ ПОДШИПНИКОВ

Этот недостаток чаще встречается в машинах с подшипниками скольжения. Причины перегрева могут быть следующие.

1. Искривление шейки вала. Его можно проверить индикатором. Для устранения искривления надо выправить или проточить шейку вала.

2. Слишком сильное натяжение ремня. Ослабить натяжение ремня можно при помощи передвижения машины на салазках.

3. Шероховатость вкладыша или шейки вала. Ее обнаруживают при осмотре вкладыша и вала. Для устранения надо прошлифовать шейку вала и пришабрить вкладыши.

4. Слишком малый зазор между шейкой вала и вкладышем. Это обнаруживают проверкой величины зазора. Если зазор мал, то надо пришабрить вкладыши; величина зазора зависит от диаметра шейки вала и скорости вращения.

5. Заклинивание смазочного кольца; оно может происходить оттого, что при регулировке подшипника смазочное кольцо очень тесно прижато к стенке камеры подшипника. Между кольцом и стенкой камеры должен быть зазор не менее 3 *мм*. Если этот зазор меньше, то надо его увеличить сдвигом вкладыша в головке подшипника.

6. Магнитное прилипание стального смазочного кольца. В некоторых машинах постоянного тока и одноякорных преобразователях магнитный поток проходит частично через подшипниковый щит, и поэтому стальное смазочное кольцо намагничивается, прилипает к стенке щита и перестает подавать масло к вкладышу. Для устранения этого недостатка в таких машинах необходимо применять смазочные кольца из немагнитного материала (латуни или бронзы).

В отличие от подшипников скольжения шарико- и роликоподшипники смазываются густой смазкой, которая должна заполнять камеру подшипника примерно на половину ее объема. Несоблюдение этого требования приводит к следующим нарушениям.

1. Чрезмерное наполнение камеры подшипника густой смазкой. Если камера наполнена смазкой полностью, то происходит сильное трение смазки по вращающейся части подшипников, что вызывает нагревание подшипника, разжижение смазки и вытекание ее из камеры. Обычно все эти недостатки устраняются, если уменьшить количество смазки в камере подшипника.

2. Заклинивание подшипника во время нагревания машины. При этом вал удлиняется и подшипник должен сдвигаться в головке подшипникового щита на величину удлинения вала. Если наружное кольцо подшипника сидит в головке щита слишком туго, то при нагревании вала шарики заклиниваются между кольцами и подшипник начинает греться, а может даже перестать вращаться. Для устранения этой неполадки надо ослабить посадку подшипника путем расшабривания отверстия в головке щита.

## § 5. ВЫТЕКАНИЕ И РАЗБРЫЗГИВАНИЕ МАСЛА ИЗ ПОДШИПНИКОВ

Причины этой неисправности следующие.

1. Масло залито в подшипник выше уровня маслоуказателя. Уровень масла по маслоуказателю следует проверять при неподвижном состоянии машины. Во время вращения вала часть масла поднимается смазочным кольцом и уровень масла понижается. Если при этом залить масло до уровня маслоуказателя, то после остановки машины масло из подшипников стечет в камеру, уровень его поднимется выше нормального и оно будет вытекать из подшипника. Для устранения этого недостатка надо заливать масло до указанного уровня при неподвижном роторе.

2. Канавки и отверстия для стока масла загрязнены. Канавки *6*, показанные на рис. 34, предназначены для улавливания масла, выступающего из вкладыша. Если эти канавки и сообщающиеся с ними отверстия загрязнены, то масло будет растекаться вдоль вала, разбрызгиваться и попадать внутрь машины. Попадание масла на обмотку вызывает разъедание изоляции, что может привести к выходу машины из строя. Для устранения этого недостатка надо промыть подшипники керосином и залить свежее масло. Если это не поможет, то надо увеличить диаметр отверстий для стока масла из канавки в камеру подшипника.

3. Масло засасывается внутрь машины разрежением, создаваемым вентилятором. Чтобы избежать этого, надо усилить уплотнение между головкой подшипника и валом. Для этого необходимо поставить кожаное или картонное кольцо, плотно охватывающее шейку вала. Рекомендуется также просверлить несколько отверстий в торцовой части подшипникового щита, расположенного со стороны вентилятора. Эти отверстия устраняют разрежение, так как через них засасывается воздух из окружающего пространства.

4. Слишком обильная подача масла смазочным кольцом. Если смазочное кольцо слишком легкое, то оно вращается очень быстро и подает много масла. Устранить это можно, заменив смазочное кольцо другим, более тяжелым.

## § 6. ВИБРАЦИЯ МАШИНЫ ПРИ РАБОТЕ

Всякая машина при работе слегка вибрирует. Но иногда вибрация становится чересчур сильной, вызывает расшатывание фундамента, быстрый износ подшипников и может вывести машину из строя. Причины этого явления могут быть как внутренними, так и внешними.

К внутренним причинам относится нарушение балансировки ротора. Вследствие неравномерного распределения лобовых частей обмотки по окружности ротора или неравномерной толщины листов сердечника часто оказывается, что одна половина ротора

тяжелее, чем другая, и при вращении происходит биение, вызывающее вибрацию машины. Для устранения этого необходимо на более легкой половине ротора укрепить дополнительный груз. Этот процесс называется балансировкой ротора. Балансировка может нарушиться в процессе работы машины вследствие растягивания бандажей, что определяют по сильной вибрации машины. Такую машину следует разобрать, и ротор направить на повторную балансировку.

Для машин со скоростями вращения до 1000 об/мин применяют статическую балансировку. С этой целью ротор кладут шейками вала на ровные горизонтальные стальные линейки

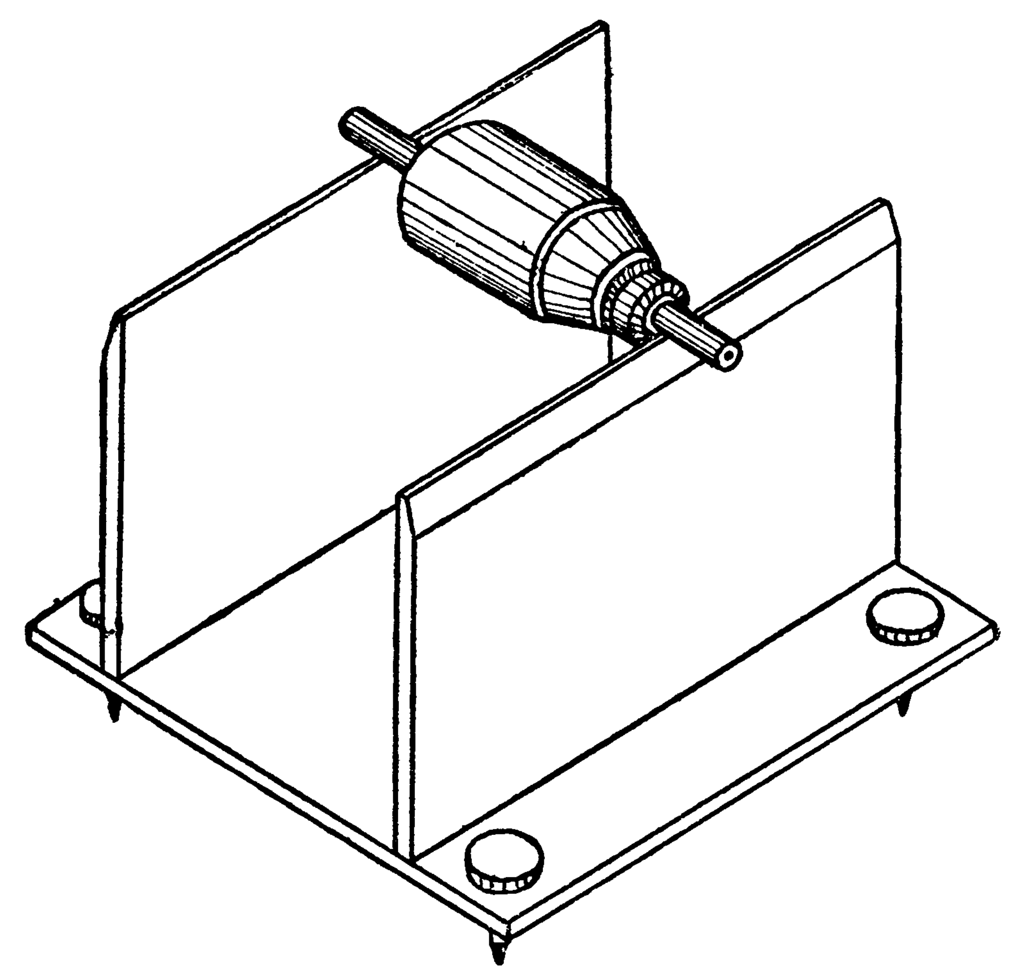


Рис. 85. Статическая балансировка

(рис. 85) и, перекатывая его рукой, останавливают в различных положениях. Если центр тяжести лежит выше оси вращения, то ротор начинает катиться по линейкам. После нескольких перекатываний то в одну, то в другую сторону ротор, наконец, остановится. При этом центр тяжести его окажется в самом нижнем положении. Если вывести ротор из этого положения, то он после нескольких перекатываний в разные стороны снова вернется в это положение. Это значит, что легкая половина ротора расположена вверху. Ее помечают мелом и прикрепляют к ней балансировочный груз. Затем снова проверяют ротор на линейках и подбирают величину балансировочного груза так, что ротор перестает самостоятельно перекатываться по линейкам, в каком бы положении его ни остановили. Это и есть признак того, что процесс балансировки закончен.

Для машин со скоростями вращения более 1000 об/мин, особенно при большой длине ротора, статическая балансировка становится недостаточной, так как каждая сторона ротора должна

быть сбалансирована самостоятельно. Поэтому роторы быстроходных машин подвергают динамической балансировке (рис. 86). С этой целью ротор укрепляют в подшипниках, которые опираются на упругие опоры. Одну опору закрепляют, и ротор приводят во вращение при помощи электродвигателя, а затем дают ему возможность вращаться по инерции. При смещении центра тяжести ротора упругие опоры подшипников будут раскачиваться из стороны в сторону. К ровной поверхности ротора подводят мелок или карандаш, и он оставляет черту на той стороне ротора, биение которой при прохождении около мелка было наибольшим. Затем повторяют ту же операцию при вращении ротора в другую сторону, и мелок снова наносит черточку на якоре. Место

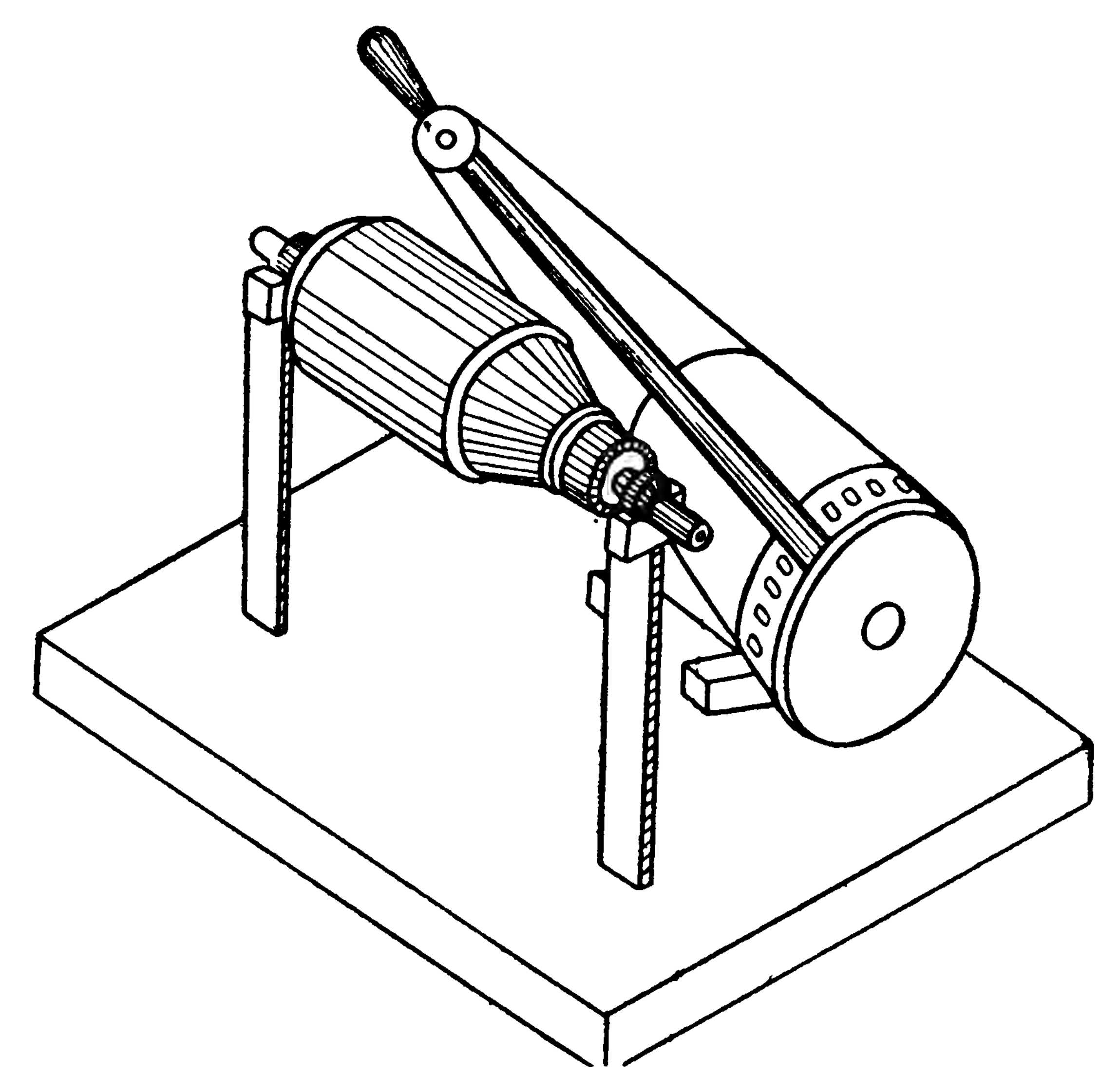


Рис. 86. Динамическая балансировка

крепления груза будет посредине между черточками. Отбалансировав одну сторону ротора, закрепляют этот подшипник и освобождают второй подшипник. Для второй стороны ротора операция балансировки производится в таком же порядке. После балансировки второй стороны следует снова проверить первую сторону ротора, и, если надо, поставить дополнительный балансировочный груз.

Раньше балансировку производили исключительно свинцовыми грузами, так как свинец обладает большим удельным весом и ему легко можно придавать различные формы и резать на куски ввиду его мягкости. Но мягкость свинца имеет и отрицательные стороны. При большой скорости вращения свинцовый груз может изменять форму под действием центробежной силы, а также отрываться от ротора. Поэтому свинцовые грузы разре-

шается применять только в случае, если они помещаются в канавках нажимных шайб ротора и снаружи закрыты кольцом из листовой стали. В машинах новых типов чаще применяют балансировочные грузы *1*, которые согнуты из полосовой или квадратной стали и привернуты болтами или приварены к торцам ротора или якоря (рис. 87, *а*).

Для быстроходных машин со скоростями вращения 3000 об/мин и выше применяют грузы, нарезанные из стального кольца трапецеидального сечения (рис. 87, *б*). Каждый грузик *2* разрезан пополам и крепится при помощи винта *1*, прижимающего обе половинки грузика в канавке, проточенной в нажимной шайбе ротора *3*. Балансировку производят, передвигая эти грузики по окружности ротора.

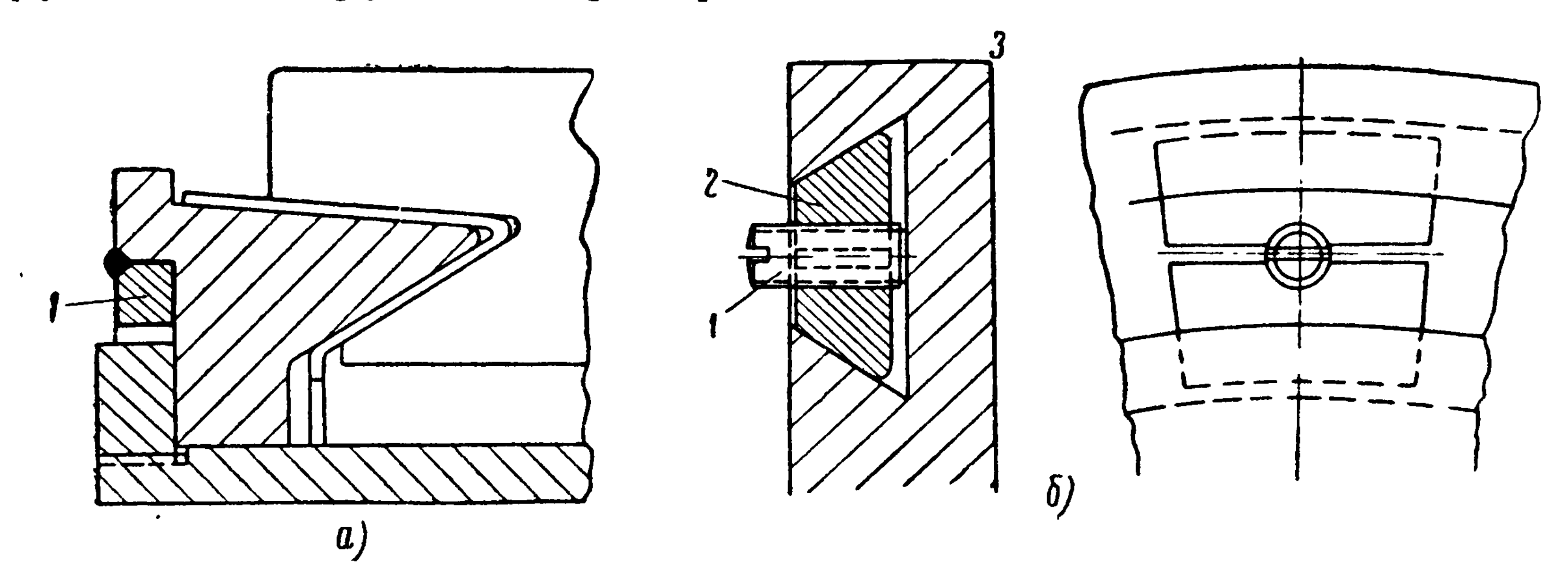



Рис. 87. Балансировочные грузы:
*а* — приварка груза, *б* — укрепление груза винтами

Напаивание припоя на бандажи в качестве балансировочных грузов не рекомендуется, так как эти грузы растягивают бандажи, а при большом весе могут служить причиной их разрыва. Этот метод балансировки допускается лишь в крайних случаях, когда на роторе нет других мест для крепления балансировочных грузов.

При балансировке короткозамкнутых роторов асинхронных двигателей с обмоткой из алюминия вместо добавления груза на легкой стороне ротора применяют высверливание сердечника на противоположной стороне окружности ротора. Следовательно, надобность в балансировочных грузах и их креплении отпадает. Не допускается сверление замыкающих алюминиевых колец обмотки ротора, так как алюминий — легкий металл и для балансировки приходится очень ослаблять сечение кольца. Дополнительные грузы можно крепить к крылышкам вентилятора, отлитого вместе с обмоткой.

Вибрацию машины вызывает также искривление шеек вала, так как при этом вал начинает работать в подшипнике с ударами. Искривление шейки вала можно определить индикатором, установив ротор в центрах токарного станка. Выправить можно искривление шейки на станке.

Кроме того, вибрация может происходить при слишком большом зазоре между шейками вала и вкладышами. Во время вращения якоря масло затягивается в клинообразную щель между валом и вкладышем. Если зазор между валом и вкладышем очень велик, то масляное давление становится недостаточным, чтобы поддерживать ротор, и шейки вала опускаются, ударяясь о поверхность вкладыша. Это вызывает вибрацию машины.

Внешние причины вибраций могут заключаться в следующем:

1. Неправильная сшивка ремня. Концы ремня должны быть срезаны наискосок и сшиты так, чтобы при вращении шкив не получал удара (рис. 88). Неправильная сшивка ремня вызывает удары, которые влекут за собой вибрацию машины. Влияние этой причины можно установить по тому, что после снятия ремня вибрация исчезает. Для устранения вибрации машины надо перешить ремень или надеть его другой стороной на шкив машины, если ремень надет на шкив не так, как показано на рис. 88.

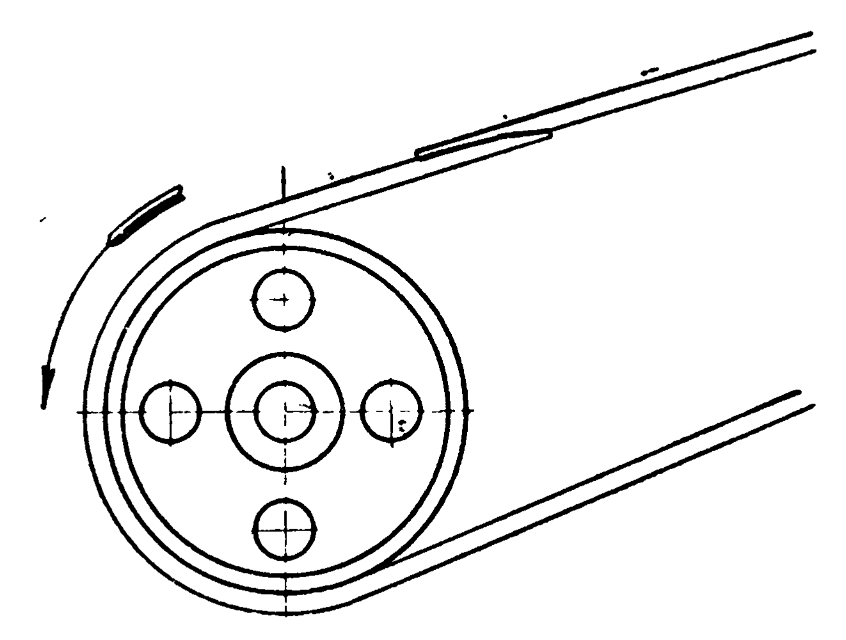


Рис. 88. Форма сшивки ремня

2. Неточная центровка концов вала машин, соединенных муфтой. Проверить центровку концов вала при помощи скоб, как указано в главе XIII, и устранить биение посредством прокладок под лапы машины.

3. Ослабление затяжки фундаментных болтов. Если болты, притягивающие машину к фундаменту, недостаточно туго затянуты, то может наблюдаться вибрация машины вследствие воздействия на нее передачи. При обнаружении причины вибрации надо прежде всего подтянуть болты, крепящие машину к фундаменту.

4. Недостаточная жесткость рамы или плиты. Если рама, на которой стоит машина, не обладает достаточной жесткостью, то вибрация машины вызывает колебание самой рамы. Если частота колебаний машины совпадает с частотой колебаний рамы, то вибрация достигает таких пределов, при которых может произойти авария. Для устранения этого недостатка необходимо увеличить жесткость рамы, подложив под нее плиту или приварив ребра жесткости.

## § 7. РЕМОНТ СЕРДЕЧНИКОВ СТАТОРА И РОТОРА

Неисправности сердечников статора и ротора могут заключаться в чрезмерном нагреве, ослаблении прессовки, распушении и поломке зубцов. Устранение этих неисправностей может быть

произведено или на обмотанном сердечнике или после выемки обмотки и разборки пакетов сердечника.

Сердечники собирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных один от другого двухсторонней лакировкой листов. Если в отдельных местах изоляция нарушается, то это приводит к увеличению потерь на вихревые токи в сердечнике, что особенно сильно проявляется в старых машинах, у которых изолировка листов производилась при помощи оклейки листов бумагой. При нагреве сердечника бумага обугливается и выпадает, что ведет к нарушению изоляции между листами с одновременным ослаблением прессовки сердечника. Увеличение потерь и нагрев сердечника могут происходить и от замыкания листов заусенцами, образованными при штамповке. Для уменьшения замыканий листов они должны при сборке укладываться заусенцами в одну сторону. Замыкание листов может произойти также во время расточки статора и опиловки пазов. При снятии

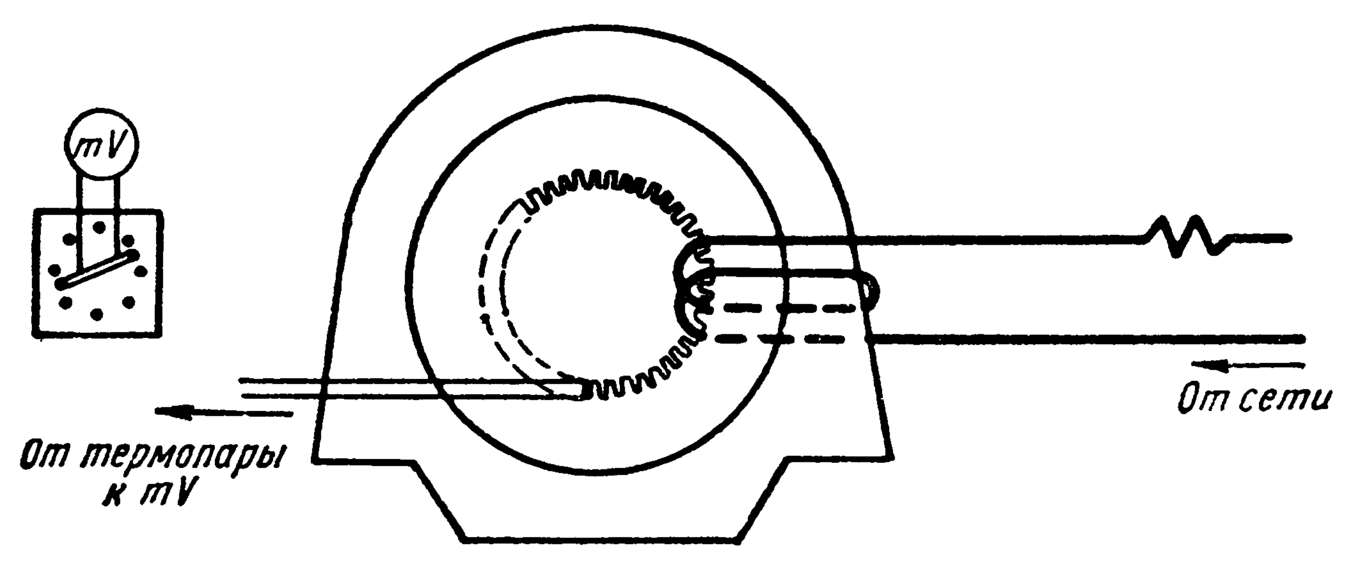



Рис. 89. Испытание сердечника статора

стружки производится замыкание между листами, отчего обработанная поверхность сердечника из слоистой превращается в гладкую и блестящую. В крупных машинах местный нагрев сердечника может повести к выгоранию отдельных частей с нарушением изоляции обмоток и оплавлением проводников обмотки. Раньше в таких случаях производили капитальный ремонт статора с полной размоткой и заменой пострадавших пакетов. Новые методы ремонта заключаются в вырубке острым зубилом оплавившихся мест сердечника и замене только оплавленных проводников катушки.

В случае перемотки статора перед укладкой новой обмотки сердечник должен быть испытан на нагрев под действием вихревых токов. Для этого на статор наматывают несколько витков гибкого кабеля, через которые пропускают переменный ток от сети (рис. 89). В статоре создается магнитный поток, и поврежденные места нагреваются. Нагрев контролируют при помощи термопар. Если через 80 мин. после начала испытания превышение температуры сердечника достигает 45° или разница между температурами отдельных зубцов превышает 30°, то сердечник следует разобрать и произвести лакировку листов. Перед

лакировкой надо промыть поверхность листов кистью, смоченной в керосине или уайт-спирите. После просушки кистью наносится тонкий слой изоляционного лака № 202 и листы просушиваются при температуре 200—210°.

Спрессованный сердечник представляет собой упругую систему, которая с течением времени деформируется. Листы пакетов зажаты между нажимными шайбами, поэтому наибольшие деформации проявляются в зубцах статора и ротора. Отгибание зубцов под действием упругих сил в спрессованном сердечнике носит название «веера». Отогнутые зубцы могут повредить изоляцию. «Веер» зубцов в вентиляционном канале приводит к уменьшению его ширины, что ухудшает охлаждение машины. Для уменьшения «веера» по торцам ротора ставят утолщенные листы уменьшенного диаметра, которые располагают ступенями. При большой высоте зубца утолщенных листов становится недостаточно и поэтому применяют нажимные пальцы, которые ставят между торцом сердечника и нажимной шайбой (см. рис. 44). При ремонте надо следить, чтобы нажимные пальцы были правильно установлены и не перекашивались. Иногда зубцы оказываются недостаточно спрессованными из-за неравномерной толщины листов. В таких случаях прибегают к нанесению на поверхность зубцов дополнительного слоя изоляционного лака.

Вследствие вибраций или механических повреждений часто происходит поломка зубцов в одном или нескольких соседних листах. В таких случаях вырубают из листовой фибры кусочек, который по форме соответствует отломанному зубцу, смазывают его бакелитовым лаком и устанавливают на место отломанного зубца. Выступы лака и фибры удаляют при помощи острого зубила и напильника.

Перекрытие каналов статора и ротора может происходить при волнистой форме каналов из-за неравномерной прессовки или вследствие погнутых вентиляционных распорок. Волнистые каналы должны быть обязательно выправлены, так как это ведет к ухудшению вентиляции и перегреву машины.

## § 8. ПОНЯТИЕ О РЕМОНТЕ ОБМОТОК СТАТОРА И РОТОРА

Обмотки статора и ротора состоят из проводников, которые изолированы один от другого и от сердечников. Неисправности обмоток могут заключаться в нарушении соединений в обмотке, в соединении между соседними проводниками и повреждении изоляции. В обмотках с большим сечением проводников обрывы не происходят, но иногда нарушаются места пайки, которые создают повышенное сопротивление. После обнаружения места неисправности восстанавливают нарушенное соединение, пропаивают его и тщательно изолируют место пайки.

Иногда двигатель работает ненормально, хотя обмотки его в порядке. Это бывает при неправильном соединении обмотки

статора с сетью из-за ошибочной маркировки выводных концов обмотки. Поэтому у каждого неисправного двигателя надо прежде всего проверить маркировку выводов, а при отсутствии на выводных концах бирок определить начала и концы трех фаз обмотки.

Для этого соединяют последовательно между собой две какие-нибудь фазы обмотки и подводят к ним пониженное напряжение, а к третьей фазе присоединяют вольтметр (рис. 90). Если были соединены разноименные выводы, то в третьей фазе вольтметр покажет напряжение, близкое к напряжению, подведенному от сети. Если же соединены одноименные выводы двух фаз, то вольтметр не покажет напряжения. Определив одноименные выводы двух фаз, переходят к определению выводов третьей фазы. Для этого берут одну из фаз, соединенных последовательно, и соединяют с третьей фазой, а к оставшейся фазе присоединяют вольтметр. Для двигателей малой мощности можно производить проверку маркировки выводов и при отсутствии трехфазного тока. Обмотка двигателя произвольно соединяется в звезду (рис. 91). Ключом кратковременно подается напряжение от ба-

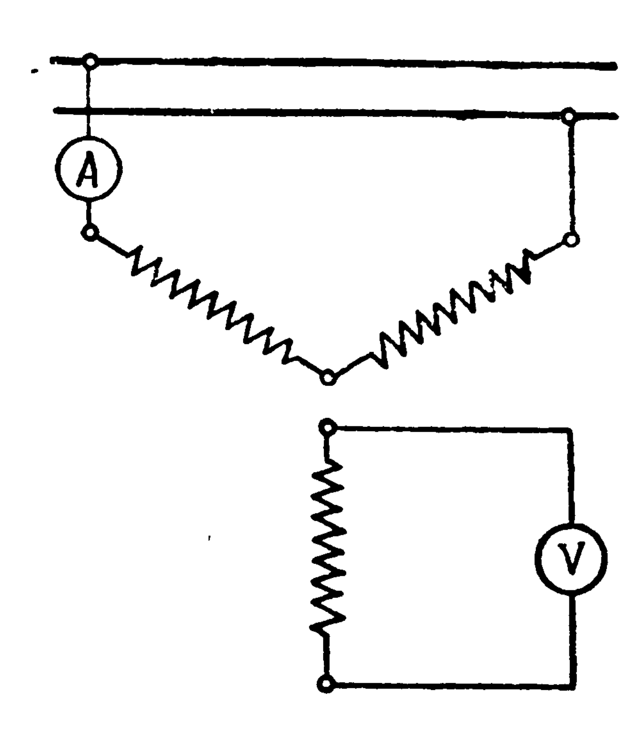


Рис. 90. Проверка маркировки выводов

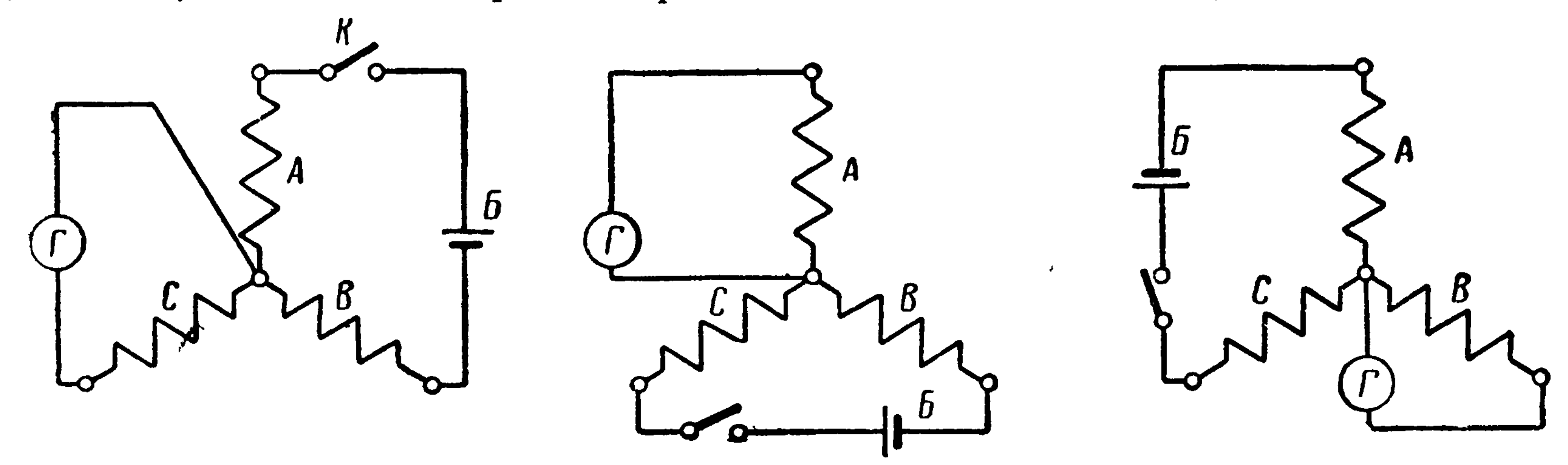


Рис. 91. Проверка маркировки выводов

тарейки карманного фонаря *Б* попеременно на выводы *АВ*, *ВС* и *СА*, а гальванометр *Г* подключают к фазам *С*, *А* и *В*. В случае правильного соединения гальванометр при всех измерениях покажет 0. При неправильном соединении одной фазы гальванометр два раза покажет максимум и один раз 0 в той фазе, у которой надо выводы поменять местами. В качестве гальванометра можно применить миллиамперметр ПМ-70 с нулем посредине шкалы.

Если после определения маркировки выводов одним из описанных методов двигатель продолжает работать ненормально, это указывает на то, что концы одной или нескольких катушек

фазы поменяли местами. Для проверки правильности соединений катушечных групп в фазе в практике ремонтных работ применяется магнитная стрелка. Фаза обмотки питается постоянным током 10—20 *в*. Стрелку перемещают по внутренней окружности статора или по наружной окружности ротора; при правильном соединении стрелка должна поворачиваться на каждом полюсном делении. Если же стрелка дает подряд два одноименных показания, это указывает на неправильное соединение.

На рис. 92, *а* показана схема соединений катушек одной фазы однослойной обмотки статора. В схемах однослойных обмоток должны соединяться разноименные выводы катушек, т. е. «ко-

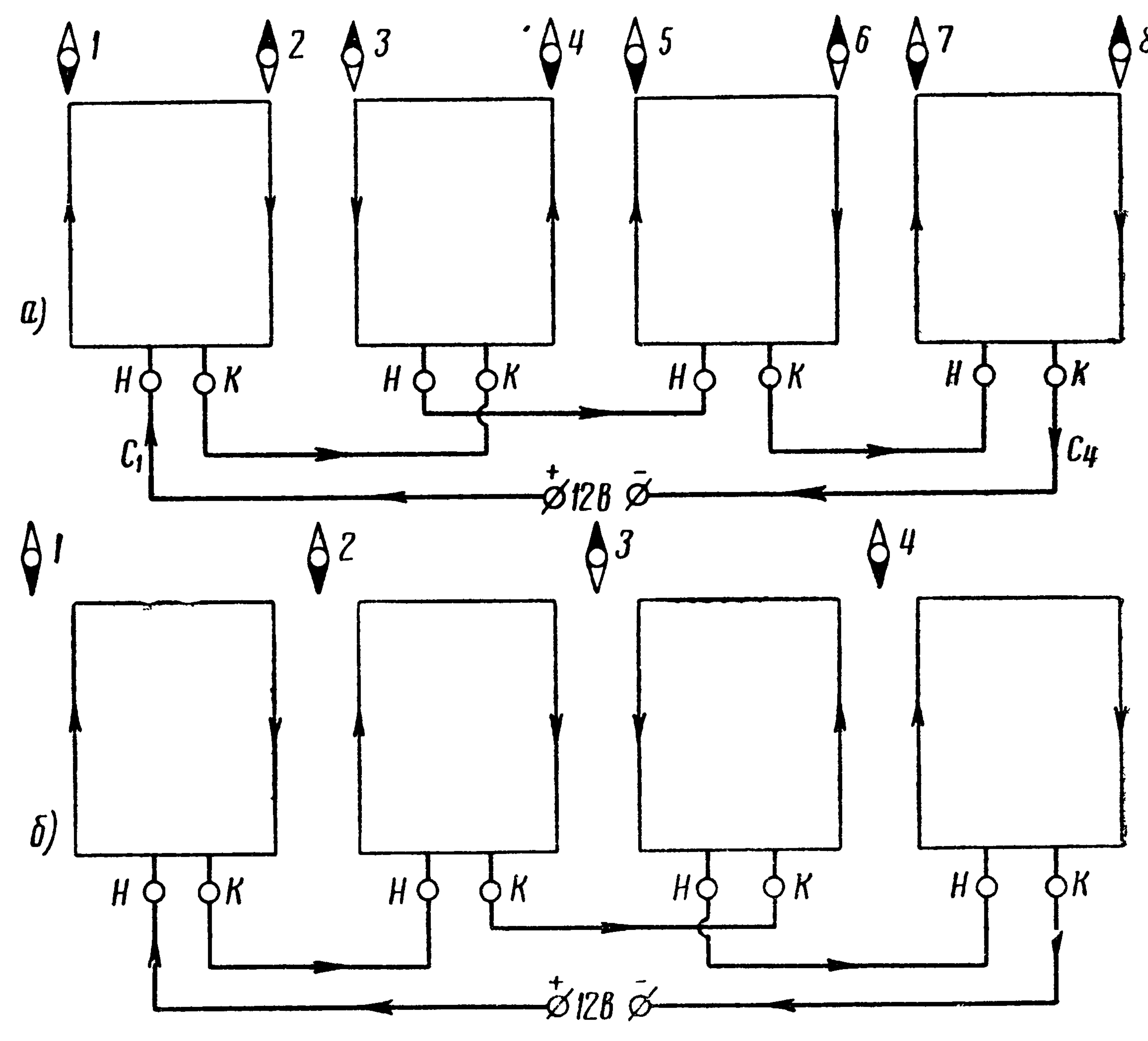



Рис. 92. Проверка соединений катушек:
*а* — однослойной обмотки, *б* — двухслойной обмотки

нец» с «началом». В соединении первой и второй катушек на схеме допущена ошибка. Как видно из рисунка, у этих катушек соединены «конец» с «концом». Но эта ошибка повлекла за собой и другую. У второй и третьей катушек соединены «начало» с «началом». При проверке схемы магнитной стрелкой обнаружены обе ошибки. Из рисунка видно, что в соседних положениях *2, 3* и *4, 5* северный конец стрелки указывает в одну сторону. Для исправления обмотки надо все катушки соединить разноименными выводами, т. е. поменять выводы у катушек.

На рис. 92, *б* показана схема двухслойной обмотки. Здесь

ошибка допущена в соединении первой и второй катушек. В двухслойных обмотках должны соединяться одноименные выводы, а здесь соединены «конец» с «началом». Поэтому магнитная стрелка в положениях *1* и *2* показывает северным концом в одну сторону.

Причиной выхода двигателя из строя может быть перегрев обмоток, который происходит при его перегрузке, а также при повышенном или пониженном напряжении сети. Обнаружить неполадки можно, проверив токи и сравнив их с паспортными данными двигателя, а также проверив вольтметром напряжение сети.

Перегрев обмотки статора может происходить из-за увеличенного зазора вследствие возрастания тока холостого хода или из-за междувитковых замыканий в обмотке. Иногда повышенный нагрев объясняется ухудшением вентиляции вследствие неисправности вентилятора или засорения вентиляционных каналов. Чтобы выявить эту неисправность, надо осмотреть вентиляционную систему и устранить причины перегрева.

Качественное проведение ремонта требует выполнения основных правил. Прежде всего необходимо соблюдать чистоту и аккуратность. Пыль и грязь, попадающие на изоляционные материалы, резко снижают их свойства. Еще более опасно попадание металлических стружек на обмотку. Ничтожная стружка вызывает пробивание изоляции обмотки высоковольтной машины. Поэтому в местах обмоточных работ не должно производиться опиливание металлов. Перед укладкой обмоток в пазы сердечник необходимо продуть сжатым воздухом.

В слесарном производстве в качестве паяльного флюса широко применяется соляная кислота, травленная цинком. Пайка проводников обмотки с применением соляной кислоты категорически запрещается, так как ее пары разъедают изоляционные материалы. При пайке обмоток в качестве флюса применяется канифоль в виде порошка или раствора в спирте или бензине.

Для очистки поверхностей в слесарном деле обычно применяется наждачная бумага. В электротехнической промышленности чистка контактных поверхностей наждачной бумагой не допускается, так как зерна наждака въедаются в медь и ухудшают переходное сопротивление контакта. Чистка контактных поверхностей производится исключительно стеклянной бумагой или пемзой.

При ремонте обмоток должны применяться изоляционные материалы, которые соответствуют классу изоляции, принятому для данной машины. Нельзя заменять миканитовую ленту лакотканью, так как это снижает теплостойкость обмотки. Если же вместо миканита применить бумагу или хлопчатобумажную ленту, то нарушится и электрическая прочность изоляции и ее может пробить на корпус.

## § 9. РЕМОНТ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ И КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЕЙ

Если в машине переменного тока обнаружено замыкание между контактными кольцами, то следует определить место замыкания. Для этого надо отсоединить концы обмотки от контактных колец и проверить изоляцию между соседними кольцами при помощи контрольной лампы. Иногда замыкание происходит вследствие оседания щеточной пыли в промежутках между кольцами; оно легко может быть устранено путем их чистки. Если же замыкание между кольцами или замыкание кольца на втулку произошло вследствие пробоя изоляции, то необходимо снять контактные кольца с вала для ремонта.

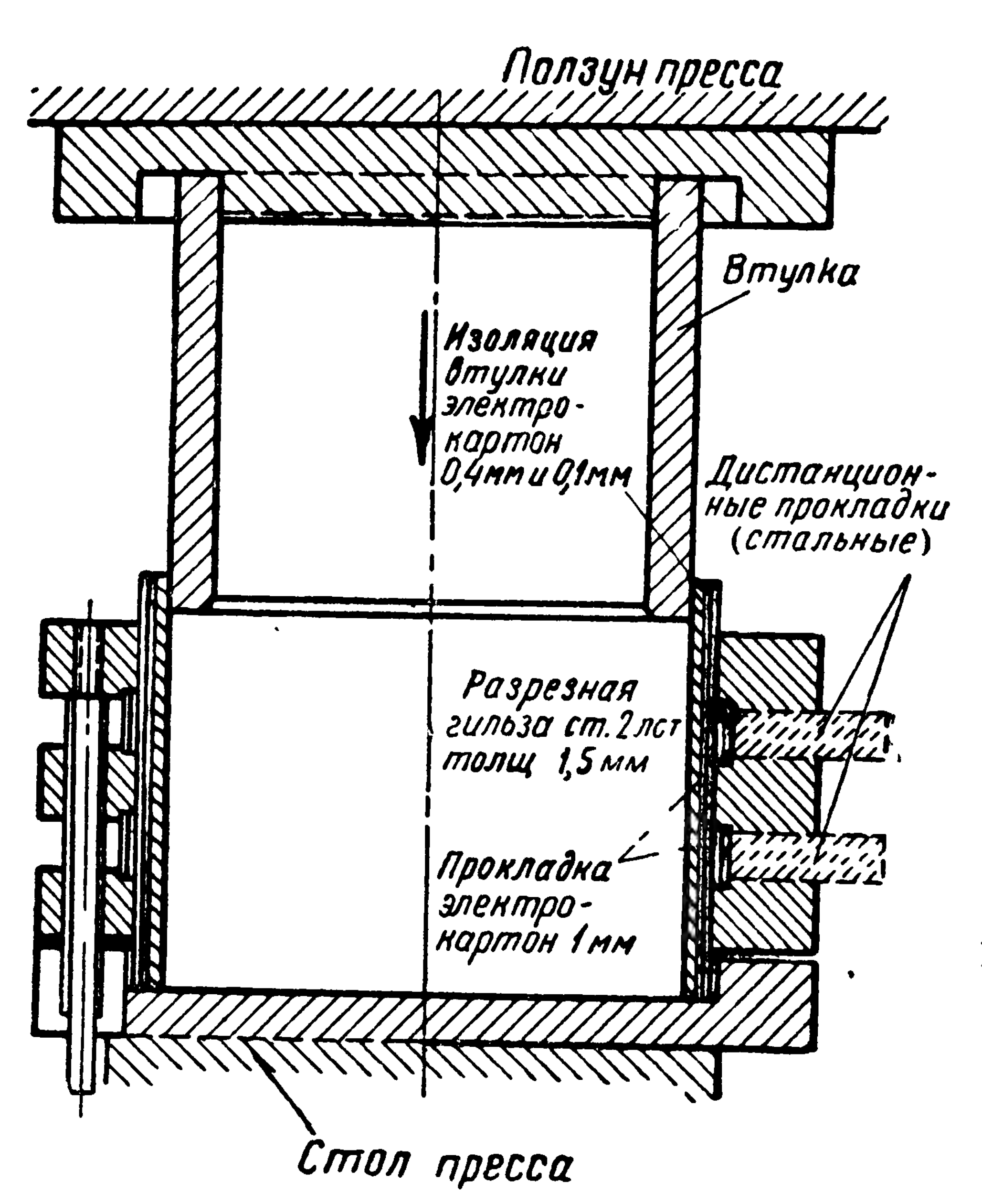


Рис. 93. Контактные кольца в процессе сборки

В асинхронных двигателях старых типов контактные кольца располагали внутри подшипникового щита, и для снятия колец необходимо было сначала разобрать машину. Но при таком расположении контактных колец затруднялось их обслуживание, а главное, поверхность изоляции обмоток покрывалась меднографитовой пылью, выделяемой при износе щеток. Это ухудшает изоляционные свойства изоляции, и часто происходит пробой обмоток на корпус. Поэтому в современных машинах контактные кольца выносят за пределы подшипникового щита и располагают на выпущенном конце вала. Примеры такой конструкции асинхронных электродвигателей можно видеть на рис. 44.

В зависимости от характера неисправности должны быть исправлены или сделаны заново те или иные части контактных колец. В случае выгорания контактных шин или шпилек надо их заменить новыми и приварить к кольцам, так как резьбовые соединения не дают надежного электрического контакта. Затем приступают к сборке контактных колец (рис. 93).

Ставят на плиту гидравлического пресса подкладной диск.

Собирают комплект колец, продев контактные шпильки в отверстия в кольцах.

Вкладывают между кольцами стальные дистанционные прокладки по три в каждый промежуток по окружности.

Устанавливают комплект колец на подкладной диск и выравнивают их по внутренней окружности.

Вкладывают в отверстия колец изоляцию, состоящую из нескольких слоев электрокартона и миканита; общую толщину изоляции подбирают по усилию прессовки.

Вставляют внутрь изоляции стальную разрезную гильзу.

Вставляют в отверстие разрезной гильзы втулку контактных колец и надевают на торец втулки диск.

Дают давление пресса на диск, следя за величиной давления по манометру; если давление ниже, чем указано в заводской инструкции, то надо вынуть разрезную гильзу и вложить еще одну прокладку из электрокартона.

После регулировки величины давления запрессовывают втулку контактных колец в отверстие разрезной гильзы и выбивают дистанционные прокладки.

Промазывают промежутки между кольцами и торцы колец электроэмалью и просушивают в печи.

Контактные кольца после ремонта необходимо снова насадить на вал. Посадка производится давлением пресса на втулку контактных колец. При посадке колец необходимо следить за тем, чтобы контактные шпильки пришлись против выводных концов обмотки.

После посадки контактные кольца будут иметь биение, поэтому надо проточить контактную поверхность на токарном станке и отполировать при помощи мелкой стеклянной бумаги, наклеенной на деревянную колодку. Затем, не снимая со станка, надо проверить индикатором величину биения, которое не должно быть более 0,04 *мм*.

В асинхронных двигателях с контактными кольцами часто повреждается механизм для замыкания колец накоротко. Наиболее часто приходят в негодность контакты и сухарики ухватика, которые входят в выточку кольца и водят его вдоль вала. Обгоревшие контакты надо заменять новыми — запасными или сделанными по образцу старых. Сработанные сухарики надо заменить новыми, подвергнув их термической обработке для повышения износоустойчивости.

Как было сказано выше, современные асинхронные двигатели выполняются без приспособления для замыкания колец.

## § 10. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ ПРИ РАЗБОРКЕ И СБОРКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

При осмотрах и ремонте электрических машин приходится разбирать и собирать их. В процессе разборки необходимо внимательно ознакомиться с конструктивным устройством отдель-

ных узлов машины, чтобы при сборке уметь правильно установить и отрегулировать детали. Если сборка машины откладывается на длительное время, то при разборке желательно сделать эскизные зарисовки установки отдельных узлов. В тех случаях, когда детали могут быть установлены в различных положениях, надо делать на них пометки в виде рисок или цифр, указывающих их положение по отношению к другим деталям. Выводные концы обмоток при отсоединении их от зажимов надо маркировать буквами, обозначающими зажимы, к которым они должны быть присоединены. Все болты после разборки машины надо ввернуть в те отверстия, из которых они были вывернуты при разборке.

Для ознакомления с общими приемами разборки и сборки машин переменного тока приводится пример технологического процесса разборки и сборки асинхронного электродвигателя.

## § 11. РАЗБОРКА И СБОРКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Особенностью конструкции асинхронного двигателя (рис. 94) единой серии АК с контактными кольцами являются обмоткодержатели ротора *6*, которые отделены от нажимных шайб и надеваются на вал после прессовки сердечника. Это упрощает конструкцию деталей и процесс прессовки сердечника. К выступам ребер обмоткодержателей привернуты штампованные диски *9* с приваренными к ним желобками *7* для балансировочных грузов. К этим желобкам с небольшим зазором подходят диффузоры *12*, служащие для направления охлаждающего воздуха. Воздух при вращении ротора прогоняется лобовыми частями обмотки ротора и ребрами обмоткодержателей. Для транспортировки двигателя служит подъемное кольцо *11*.

В двигателях АК обеспечена возможность разборки двигателя с выемкой ротора из статора без снятия контактных колец с вала. Это достигается за счет того, что диаметр контактных колец *20* меньше отверстия под подшипник *16* в щите *14*. Внешняя крышка подшипника *19* не имеет фланца, чтобы не мешать съемке подшипникового щита *14*. Чашка *17*, в которой закреплен палец щеткодержателей, надевается на крышку подшипника *19* и крепится болтами к подшипниковому щиту.

Процесс разборки протекает в следующем порядке.

Предварительно электродвигатель отсоединяют от подводящих ток проводов и приводного механизма (снимают ремень или разъединяют две полумуфты); снимают полумуфту и затем производят разборку самого электродвигателя в таком порядке.

Отпирают запоры *18*, снимают колпак контактных колец *21* и отсоединяют от колодки *22* проводники, идущие к пусковому реостату.

Отвертывают болты (на чертеже не видны), крепящие чашку *17*, поднимают щетки с поверхности контактных колец и снимают чашку вместе со щеткодержателями.

Отвертывают болты *1*, крепящие подшипниковые щиты к станине с обеих сторон, и, вводя рычаг в просвет между ушками подшипниковых щитков и торцом станины, выводят бортики подшипниковых щитов из заточек станины.

Вынимают шпонку из конца вала со стороны привода, отвертывают болты *2* и снимают крышку роликоподшипника *3*.

Снимают подшипниковые щиты *8* и *14* путем поворачивания их на подшипниках с одновременным оттягиванием от станины за ушки для крепящих болтов. Прокладывают в зазор лист элек-

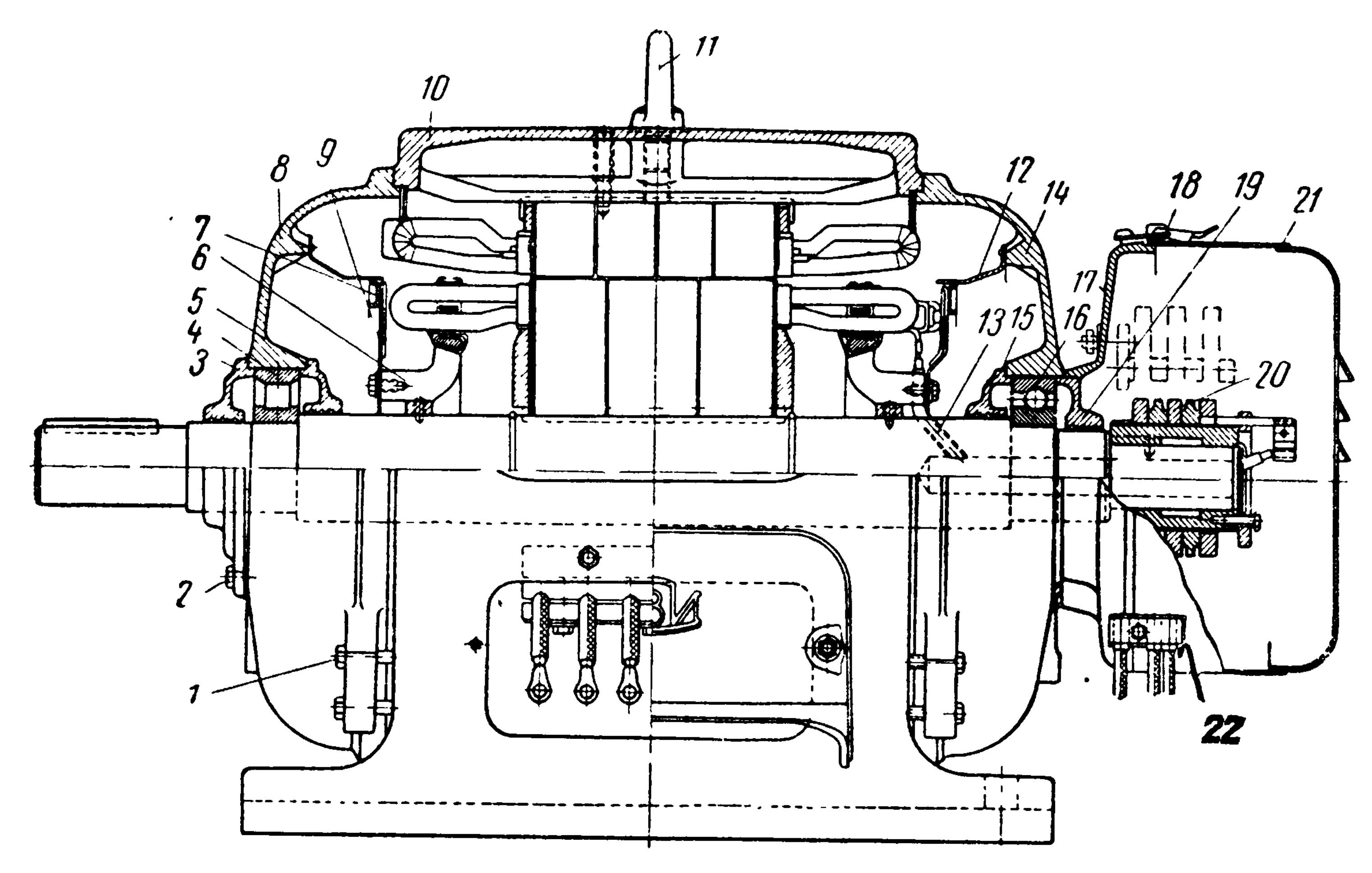



Рис. 94. Асинхронный двигатель единой серии АК

грокартона, чтобы при выемке ротора не повредить железо и обмотки.

Вынимают ротор из отверстия статора.

Снимают роликовый подшипник *4* с вала при помощи винтовой стяжки, захватывая крюками стяжки за внутреннее кольцо подшипника, и снимают крышку подшипника *5* с вала.

Если не требуется производить ремонт контактных колец и замену шарикового подшипника *16*, то на этом процесс разборки заканчивается. Если же это необходимо, то контактные кольца снимают с вала, после чего можно снять с вала крышку *19* и стянуть подшипник с вала при помощи стяжки, захватывая крюками за внутреннее кольцо подшипника, а затем снять крышку *15*.

Сменить смазку в подшипнике *16* можно и без снятия подшипника с вала. Для этого надо отвести от подшипника крышки *15* и *19*, в образовавшейся щели смыть старую смазку при помощи бензина и заложить свежую смазку. При промывке надо

соблюдать осторожность, чтобы бензин и смазка не попали в отверстия вала, где проходят проводники от ротора *13*, а также на изоляцию контактных колец.

Процесс сборки ведут в такой последовательности.

Промывают роликовый подшипник *4* в бензине, нагревают внутреннее кольцо подшипника с роликами и сепаратором в масляной ванне до температуры 90°; надевают на вал крышку подшипника *5* и насаживают нагретое в масле внутреннее кольцо роликоподшипника на вал при помощи съемника.

Вкладывают лист тонкого картона в расточку статора, вставляют ротор в отверстие статора и, поддерживая его за концы вала, вынимают лист картона.

Вставляют наружное кольцо роликоподшипника *4* в расточку подшипникового щита *8* и надвигают подшипниковый щит на роликоподшипник, ориентируя его по шпильке, ввернутой в крышку подшипника *5*.

Приподнимают ротор за конец вала, вводят борт подшипникового щита *8* в отверстие станины *10* и ввертывают болты *1* при помощи механического болтоверта, не затягивая их окончательно.

Надевают подшипниковый щит *14* на шарикоподшипник *16*, ориентируя его по шпильке, ввернутой в крышку *15*.

Приподнимают ротор за контактные кольца, вводят борт подшипникового щита *14* в отверстие станины *10* и ввертывают болты *1* при помощи механического болтоверта, не затягивая их окончательно.

Проверяют легкость вращения ротора, регулируя затяжку болтов *1*.

Закладывают в подшипники консистентную смазку.

Надевают на вал крышку *3* и ввертывают два болта *2*, подтягивая их равномерно, чтобы крышка *5* вошла в расточку подшипникового щита *8* без перекосов; вывертывают шпильку из крышки *5* и ввертывают третий болт *2*.

Подводят крышку *19* вплотную к шарикоподшипнику *16*, надевают чашку *17*, ориентируя ее по шпильке, ввернутой в крышку *15*; ввертывают два болта (на чертеже не показаны), крепящие чашку *17*, подтягивая их равномерно, чтобы крышка *15* вошла в расточку подшипникового щита *14* без перекосов; вывертывают шпильку из крышки *15* и ввертывают третий болт, крепящий чашку *17*.

Проверяют легкость вращения ротора, регулируя затяжку болтов, крепящих крышки подшипников.

Опускают щетки на контактные кольца и проверяют их установку на кольцах.

Присоединяют выводные концы к щеткодержателям и закрепляют их в колодке *22*.

Надевают кожух контактных колец *21* и запирают его эксцентриковыми замками *18*.

Вставляют шпонку в канавку на конце вала.

Проверяют легкость вращения ротора и ставят двигатель на обкатку.

Сдают двигатель мастеру или контролеру.

## § 12. РЕГУЛИРОВКА И ИСПЫТАНИЯ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

После ремонта каждая электрическая машина должна пройти регулировку и испытания для определения пригодности ее к дальнейшей работе. Программа испытаний зависит от характера произведенного ремонта. Цель испытаний — проверить электрические и механические свойства машины. Электрические свойства машины в основном зависят от обмоток машины. Поэтому при электрических испытаниях проверяют сопротивление обмотки и сопротивление изоляции по отношению к корпусу.

Асинхронные двигатели мощностью до 100 *квт* при напряжении до 500 *в* проходят следующие испытания: а) внешний осмотр, б) измерение сопротивления изоляции между фазами и относительно корпуса, в) испытание электрической прочности изоляции, г) испытание витковой изоляции, д) измерение омического сопротивления обмотки и е) опыт холостого хода.

Если при ремонте производилась перемотка машины на другие напряжения или скорости вращения, то проводится также испытание двигателя под нагрузкой.

Внешний осмотр заключается в проверке наличия всех деталей, качества чистки, окраски и гальванических покрытий, проверке надежности всех болтовых соединений, состояния выводных зажимов, прочности пайки кабельных наконечников, правильности сборки схемы соединений на щитке. Проворачивая ротор рукой, проверяют правильность сборки, отсутствие заеданий подшипников и задеваний вращающихся частей за неподвижные. Затем приступают к проверке воздушного зазора между статором и ротором при помощи щупов, т. е. тонких стальных полосок различной толщины, собранных на кольце. Измерение зазора производится в четырех точках по окружности для малых машин и в шести точках для больших машин при трех положениях ротора, повернутого каждый раз на 120°. Разность между наибольшим и наименьшим зазором не должна превышать 10% от средней величины зазора. У двигателей с контактными кольцами проверяется поверхность колец, исправность щеткодержателей и качество притирки щеток.

Измерение сопротивления изоляции производится мегомметром на 500 *в*. В короткозамкнутых двигателях один конец от мегомметра приключают к зачищенному месту на корпусе, а другой — к выводам каждой фазы попеременно. Для проверки фазных роторов двигателей один конец от мегомметра присоединяют к валу, а другой поочередно к трем контактным кольцам. Со-

противление изоляции между фазами измеряется мегомметром между выводными концами двух фаз. Измерение производится при холодном состоянии двигателя.

Электрическая прочность изоляции между фазами и относительно корпуса испытывается переменным током от трансформатора. Величина испытательного напряжения в случае полной замены обмотки берется из табл. 9 (ГОСТ 183—55). При испытании сначала подводят напряжение, не превышающее 30% от испытательного. Повышение напряжения до максимального производится в течение 10 сек. Максимальное испытательное напряжение выдерживается в течение 1 мин.

*Таблица 9*

**Испытательные напряжения для проверки электрической прочности изоляции обмоток электрических машин**

По ГОСТ 183—55

| Электрическая машина или ее части | Испытательное напряжение (действующее значение) |
|---|---|
| Машины мощностью менее 1 *квт* (или 1 *ква*), а также машины на номинальное напряжение не свыше 36 *в* | 500 *в* плюс двукратное номинальное напряжение |
| Машины мощностью от 1 *квт* (или 1 *ква*) до 3 *квт* (или 3 *ква*) включительно при номинальном напряжении свыше 36 *в*: | 1000 *в* плюс двукратное номинальное напряжение |
| а) Машины мощностью более 3 *квт* (или 3 *ква*), за исключением перечисленных в п. б настоящей таблицы при номинальном напряжении свыше 36 *в* | 1000 *в* плюс двукратное номинальное напряжение, но не менее 1500 *в* |
| б) Машины мощностью от 1000 *квт* (или 1000 *ква*) и выше на номинальное напряжение: | |
| до 3300 *в* включительно | 1000 *в* плюс двукратное номинальное напряжение, |
| свыше 3300 до 6600 *в* включительно | 2,5-кратное номинальное напряжение |
| свыше 6600 *в* | 3000 *в* плюс двукратное номинальное напряжение |

Испытание витковой изоляции производится при вращении двигателя; к зажимам статора подводят напряжение, равное 130% номинального, в течение 5 мин. Повышенное напряжение берут от индукционного регулятора.

Омическое сопротивление обмоток измеряется при помощи моста (рис. 95). Присоединяют выводы катушки *1* к зажимам *2* моста, затем поворотом рукояток переключателей сопротивлений *3* подбирают сопротивление, близкое к расчетному сопротивлению обмотки. После этого нажимают одну из кнопок *6* с надписью «грубо» и стрелка прибора отклоняется вправо или влево

от среднего положения. На циферблате *5* имеются цифры с нулем посредине шкалы. Если стрелка отклоняется вправо от среднего положения, то надо увеличить сопротивление, и наоборот. После нескольких поворотов рукояток стрелка при нажатии кнопки *6* с надписью «точно» установится на 0. Тогда по цифрам на дисках переключателей определяют сопротивление и сравнивают его с сопротивлением, указанным в расчетной записке. Вследствие различного натяжения провода при намотке и отклонений в диаметре провода измеренное сопротивление может отличаться от расчетного на ±5%. Питание моста осуществляется от элементов *4*.

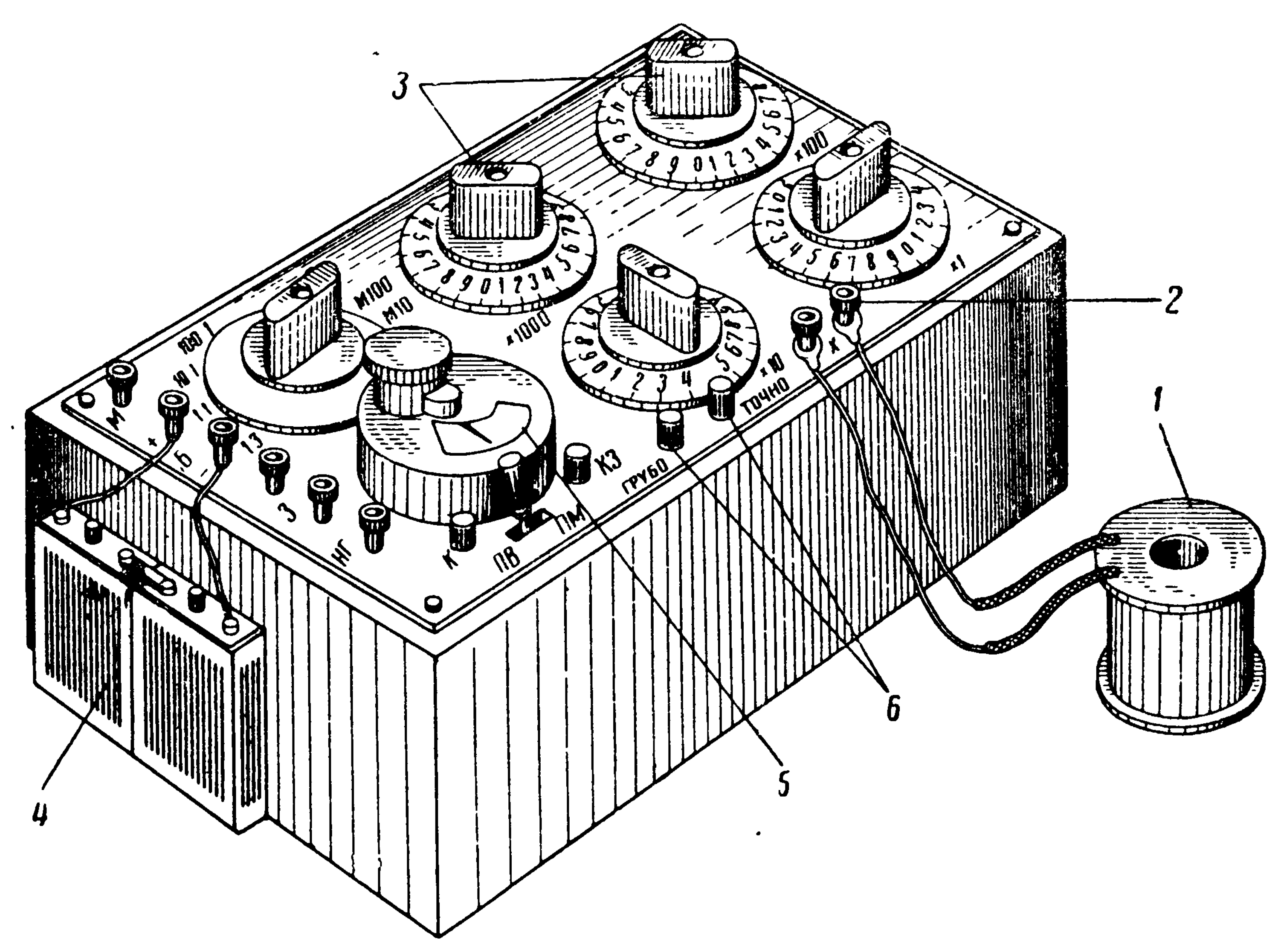
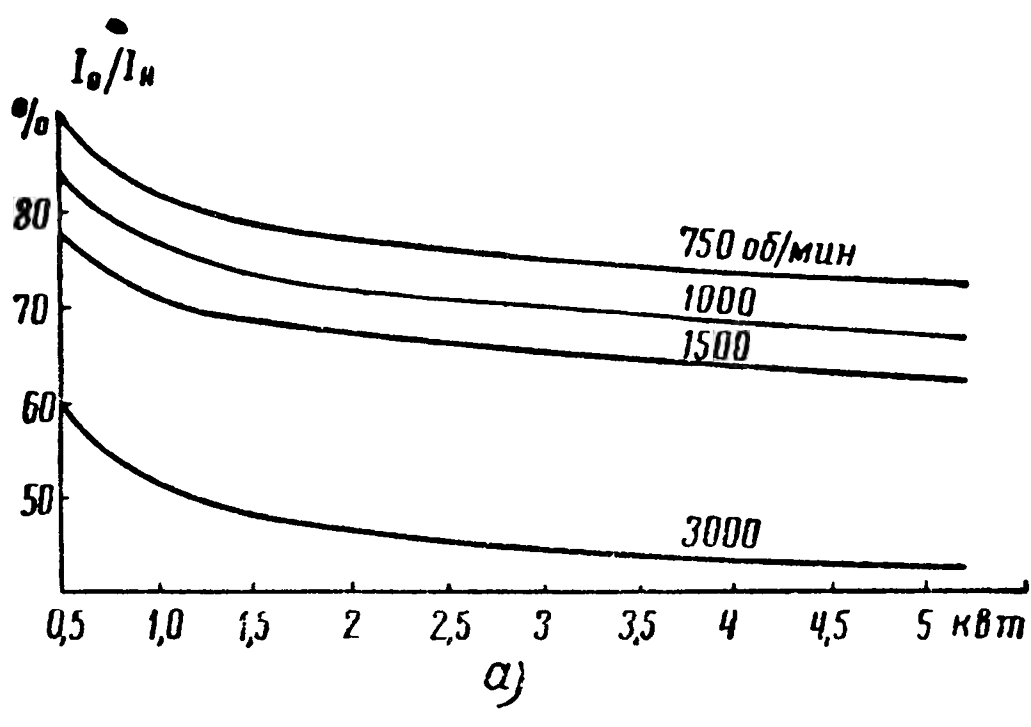



Рис. 95. Универсальный мост сопротивлений

Опыт холостого хода производится при вращении двигателя, включенного в сеть с номинальным напряжением и частотой в течение 30 мин. При холостом ходе двигателя проверяют правильность сборки, ток холостого хода, число оборотов, температуру подшипников, осевую игру ротора, работу щеточного аппарата, посторонние шумы в двигателе, а также проверяют, не задевает ли вентилятор за неподвижные части. Амперметры включают в каждый линейный провод. Ток холостого хода определяют как среднеарифметическое от показаний трех амперметров. Показания отдельных амперметров не должны отличаться более чем на 5%. Ток холостого хода должен быть в пределах значений, получаемых по кривым (рис. 96).

Испытание под нагрузкой в ремонтных мастерских производят методом торможения (рис. 97). Тормоз состоит из двух колодок *2*, сделанных из твердых пород дерева (бук, дуб), надетых



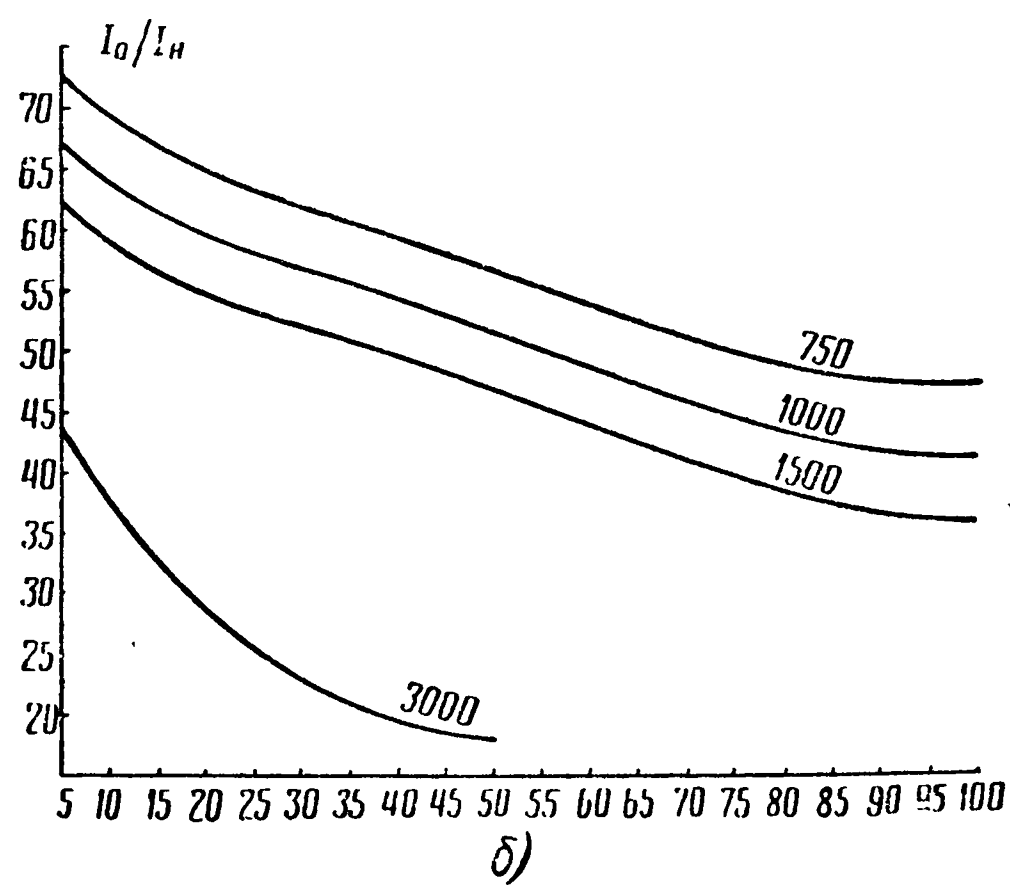




Рис. 96. Графики тока холостого хода асинхронных двигателей:

*а* — мощностью до 5 *квт*, *б* — мощностью до 100 *квт*

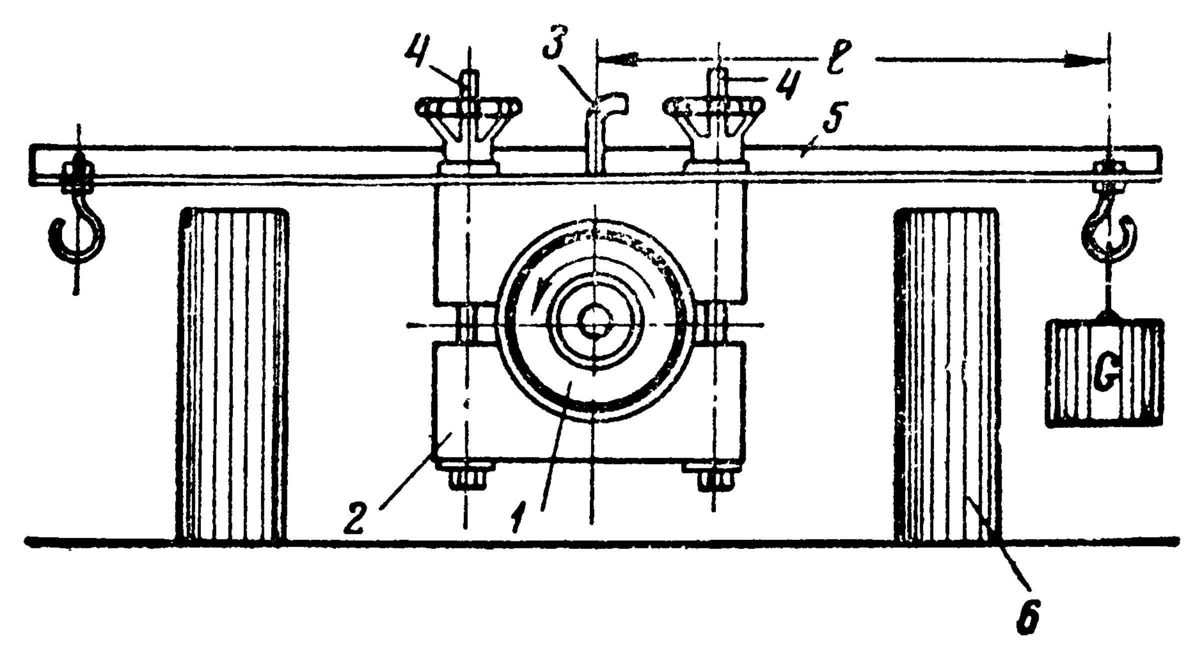



Рис. 97. Испытание двигателя под нагрузкой

на шкив двигателя *1* и стянутых двумя болтами *4*. К верхней колодке прикреплен двухсторонний рычаг *5* с крюками на концах, к которым можно подвешивать грузы. Если навесить на крючок рычага груз и постепенно подтягивать болты при помощи маховичков, то рычаг начнет увлекаться шкивом в сторону вращения. Чтобы рычаг не упирался концом в пол, под концы его подставлены упоры *6*. Когда рычаг с грузом находится в горизонтальном положении, не касаясь упора, развиваемый двигателем вращающий момент $M$ в килограмметрах будет равен произведению длины плеча $l$ в метрах на величину груза $G$ в килограммах:

$$M = G \cdot l \text{ кгм.}$$

Если при этом измерить скорость вращения двигателя $n$ в оборотах в минуту, то можно определить развиваемую двигателем мощность в киловаттах по формуле

$$P = \frac{1{,}02\, M \cdot n}{1000} \text{ квт.}$$

В верхней колодке имеется отверстие с трубкой *3*, через которую подводят проточную воду, охлаждающую колодки. Для предохранения от разбрызгивания воды на колодки надевают брезентовый мешок, открытый снизу.

Пример. Длина рычага $l=1$ *м*, величина груза $G=3$ *кг*, ротор двигателя вращается со скоростью 970 об/мин.

Вращающий момент двигателя $M = 3 \cdot 1 = 3$ *кгм*.

Полезная мощность двигателя

$$P = \frac{1{,}02 \cdot 3 \cdot 970}{1000} = 2{,}96 \text{ квт.}$$

## § 13. ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ РЕМОНТА

Ремонт электрических машин требует применения разнообразных инструментов и приспособлений, от наличия которых в значительной степени зависит качество и быстрота выполнения работ. Здесь приводятся перечень инструментов и приспособлений для ремонта электрических машин и правила пользования ими.

Отвертки. Отвертки предназначаются для отвертывания и завертывания винтов с полукруглой, цилиндрической и потайной головками. Пользоваться отверткой в качестве клина или зубила запрещается, так как это приведет ее в негодность. Лезвие отвертки должно быть правильно заточено, чтобы грани его не срывались при затяжке винтов.

Для ускорения работы пользуются отвертками, которые вставлены в патрон дрели. Такая отвертка обеспечивает быстрое ввертывание винта, так как имеет для смены направления

вращения двойную спираль и собачку для переключения. Для винтов диаметром более 6 *мм* применяют отвертки с пневматическим или электрическим приводом, которые снабжаются фрикционным устройством, позволяющим регулировать силу затяжки резьбы.

Ключи. Ключи предназначаются для завертывания и отвертывания гаек и болтов с шестигранной головкой. Гаечные ключи характеризуются размером отверстия ключа, т. е. расстоянием между противоположными гранями шестигранника.

Следует пользоваться только такими ключами, которые соответствуют размеру гайки. Использование ключа большего размера с прокладкой между губкой ключа и гайкой приводит к порче ключа и закатыванию граней гайки. При этом ключ легко срывается с гайки, и можно повредить руку. Запрещается использовать ключ в качестве молотка.

Торцовые ключи служат для отвертывания болтов и гаек, утопленных в цилиндрических цековках. Однако торцовыми ключами часто пользуются для отвертывания и завертывания открытых гаек и головок болтов. Это объясняется тем, что торцовый ключ в процессе работы не надо переставлять на гранях гайки, а только перехватывать руками за вороток ключа. Благодаря этому ускоряется процесс работы. Кроме того, торцовый ключ охватывает гайку со всех сторон и поэтому не срывается. К нему можно приложить большее усилие при затяжке резьбы. В соединении с пневматическим или электрическим приводом торцовый ключ образует механический болтоверт.

Раздвижные ключи могут применяться для гаек и болтов больших размеров. Раздвижными ключами удобно пользоваться во время подтягивания болтов при осмотрах объектов электрооборудования на местах их установки, чтобы не носить с собой полного набора гаечных ключей. Однако в условиях ремонтных мастерских они менее удобны, так как в процессе работы отверстие ключа может увеличиться благодаря провертыванию установочного винта и губки ключа будут срываться с граней гайки. Кроме того, раздвижными ключами труднее пользоваться при завертывании болтов, доступ к которым затруднен, так как головка раздвижного ключа имеет большие размеры, чем гаечные.

Монтажные клещи. Монтажные клещи по назначению и устройству разделяются на плоскогубцы, пассатижи и острогубцы. Плоскогубцами пользуются для гибки и обжима монтажных проводов и шин в коробке выводов и междукатушечных соединениях, гибки и обжима токособирательных и отводящих проводов на траверсах и для других монтажных работ. Скручивание и обжим кабелей с большим поперечным сечением удобнее производить газовыми клещами, которые носят название «пассатижи». Для откусывания монтажных проводов и снятия с них наружной изоляции применяются или боковые ножи плоскогубцев или острогубцы, которые получили название «кусачки».

Перечисленные инструменты имеют универсальный характер и изготовляются инструментальными заводами как инструменты общего применения. Однако не для всех работ они одинаково удобны. Разработаны и внедрены специализированные монтажные клещи, которые ускоряют и упрощают работу.

При монтаже необходимо загибать проводники в виде колечек для подключения их к зажимам. Обычными круглогубцами трудно согнуть проводник в колечко нужного размера. На рис. 98 показаны монтажные круглогубцы со ступенчатыми губками. Диаметры ступенек рабочей части круглогубцев выбираются с учетом допусков на диаметры монтажного колечка и зажима. Диаметры губок соответствуют наиболее распространенным диаметрам зажимов. Применение специальных круглогубцев улучшает и ускоряет процесс монтажа.

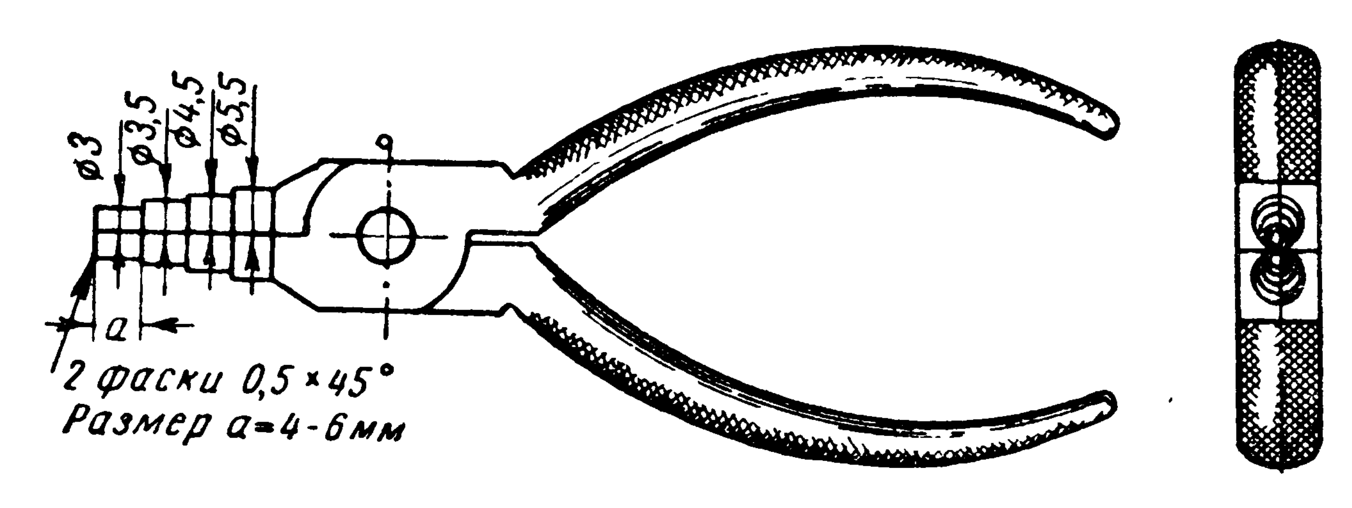



Рис. 98. Круглогубцы монтажные

Паяльники. Паяльники разделяются на два типа: периодически нагреваемые и непрерывно нагреваемые. Первые действуют как собиратель тепла — они накапливают тепло при нагревании и отдают его во время пайки. Рабочий конец паяльника бывает заострен. Лучший материал для изготовления паяльников — медь. Она обладает высокой теплоемкостью (благодаря чему паяльник запасает большое количество тепла) и хорошей теплопроводностью, что способствует быстрой передаче тепла от массы паяльника к его рабочей части.

Однако для нагревания паяльника затрачивается больше времени, чем требует сам процесс пайки, поэтому необходимо пользоваться несколькими паяльниками. Кроме того, для того чтобы запасти необходимое количество тепла, паяльник должен обладать достаточной массой. Поэтому вес паяльника достигает 2 *кг* и пользоваться им неудобно.

Непрерывно нагреваемые паяльники имеют значительные преимущества, которые выражаются в повышении производительности труда и поддержании постоянного теплового режима при пайке. Наибольшее распространение получили электрические паяльники с нагреваемыми спиралями. В качестве нагревательного элемента применяется спираль из проволоки с высоким удельным сопротивлением (нихром или фехраль).

В электрических паяльниках, включаемых в сеть напряжением 220 *в,* для получения требуемого по мощности сопротивления спирали приходится применять очень тонкую проволоку, особенно в паяльниках малой мощности, размеры которых ограничены. Такая проволока быстро перегорает, и паяльники приходится часто ремонтировать. Поэтому для питания электрических паяльников стали применять пониженное напряжение от специальных трансформаторов с напряжением на вторичной обмотке от 10 *в* для маломощных паяльников до 55 *в* для паяльников мощностью в несколько сот ватт. Вторичная обмотка трансформатора имеет несколько отпаек, благодаря которым можно регулировать напряжение, а следовательно, и нагрев паяльника. Кроме того, пониженное напряжение обеспечивает безопасность работы.

Обычно в электропаяльниках нагревательные спирали обертывают вокруг стержня, изолировав их жаростойким миканитом.

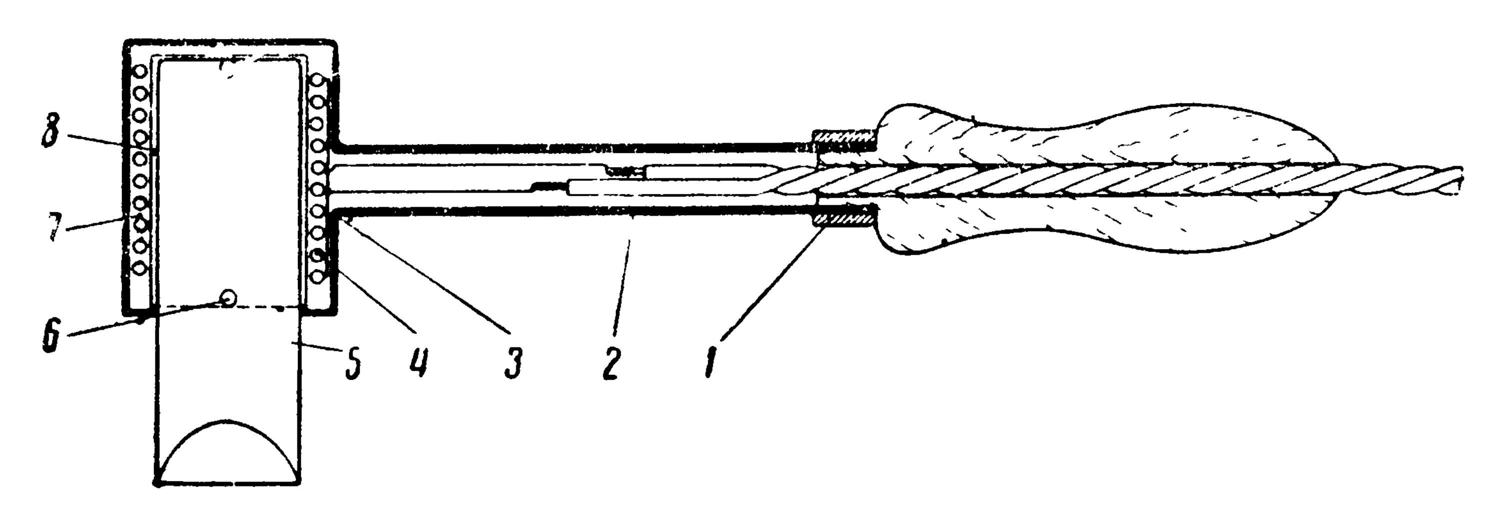



Рис. 99. Паяльник с нагревательной спиралью

Недостаток такой конструкции паяльника заключается в том, что большое количество тепла рассеивается в атмосферу через защитную оболочку. Вследствие этого паяльники расходуют много энергии. Сильный нагрев наружной оболочки затрудняет работу с паяльником и вызывает опасность ожогов. На рис. 99 показано устройство электрического паяльника усовершенствованной конструкции. В стержне *5* профрезерован паз, в который вложена пластинка жаростойкого миканита *8* толщиной 1 *мм* с намотанной на него спиралью *4*. Пластинка закреплена винтами *6*. Стержень паяльника заключен в обойму *3* из листовой стали с приваренной к ней трубкой *2*, которая при помощи кольца *1* скреплена с деревянной ручкой. Для защиты от излучения тепла между стержнем и обоймой вложен шнуровой асбест *7*. Спираль соединена в две параллельные ветви, что схематично показано на рисунке. Паяльник потребляет небольшую мощность 90 *вт,* наконечник его разогревается до 500° за 11 мин. и устойчиво держит температуру при паянии.

При запаивании концов обмотки в коллекторных пластинах, пропаивании витков проволочных бандажей и ряде других процессов пайки спаиваемые детали обладают большой теплоем-

костью. В этих случаях паяльники с нагревательными спиралями не обеспечивают достаточного количества тепла и потому их заменяют электродуговыми.

На рис. 100 изображен электродуговой паяльник. Массивный медный стержень *1* диаметром 40—50 *мм* вставлен в обойму *5*, согнутую из листовой стали, и застопорен винтом *2*. Для уменьшения рассеивания тепла между стержнем и обоймой кладут прокладку *3* из листового асбеста. В этих случаях винт *2* должен быть достаточных размеров, чтобы обеспечить надежный контакт между стержнем и обоймой, так как они включены в электрическую цепь.

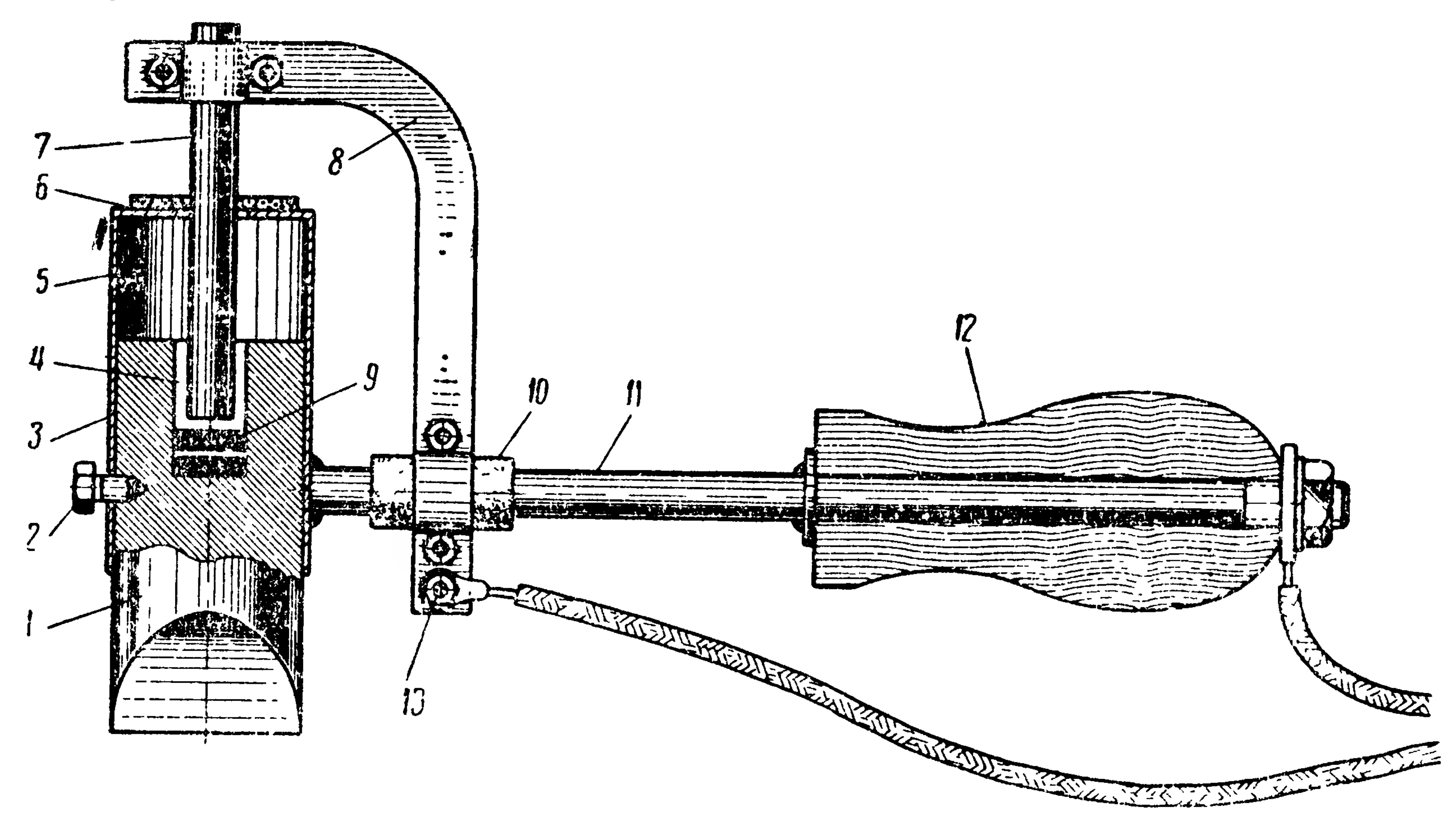



Рис. 100. Электродуговой паяльник

К обойме приварен пруток *11* диаметром 8—12 *мм* с деревянной рукояткой *12* на конце. Угольный электрод *7* диаметром 8—12 *мм* закреплен в держателе, представляющем собой два угольника *8* из листовой стали, которые вверху и внизу выгнуты в виде хомутиков и стянуты винтами *13*. В верхний хомутик зажат угольный электрод *7*, а нижним хомутиком держатель охватывает пруток *11*. Держатель изолирован от прутка асбестом или жаростойким миканитом *10*.

В торце стержня просверлено отверстие *4* глубиной 20—30 *мм* и диаметром на 5—6 *мм* больше диаметра угольного электрода. Между угольным электродом и стенками отверстия есть зазор.

В отверстие забит обломок угольного электрода *9*. Таким образом, дуга горит между угольными электродами, имеет более устойчивый характер и не оплавляет медный стержень. Для защиты глаз от лучей дуги обойма закрыта крышкой *6* из листового асбеста. Однако пайку дуговым паяльником все же необходимо производить в сварочных очках.

Питание паяльника осуществляется от понижающего транс-

форматора напряжением 30—50 *в*. Ток подводится к держателю электрода *8* и к стержню *11* при помощи проводов с резиновой изоляцией. Чтобы снять напряжение между стержнем паяльника и предметом паяния, провод, подводящий ток к стержню, должен быть надежно заземлен. Для удобства пользования паяльником включение первичной обмотки трансформатора производят контактором, кнопка управления которым находится вблизи паяльщика. Зажигание дуги происходит за счет мостиков между стержнем и электродом, образующихся за счет остатков горения. Если же при включении трансформатора дуга не зажигается, надо ослабить затяжку верхнего хомута, придвинуть электрод *7* к дну отверстия *4* и затем снова отодвинуть электрод при включенном трансформаторе, как это делается при дуговой электросварке.

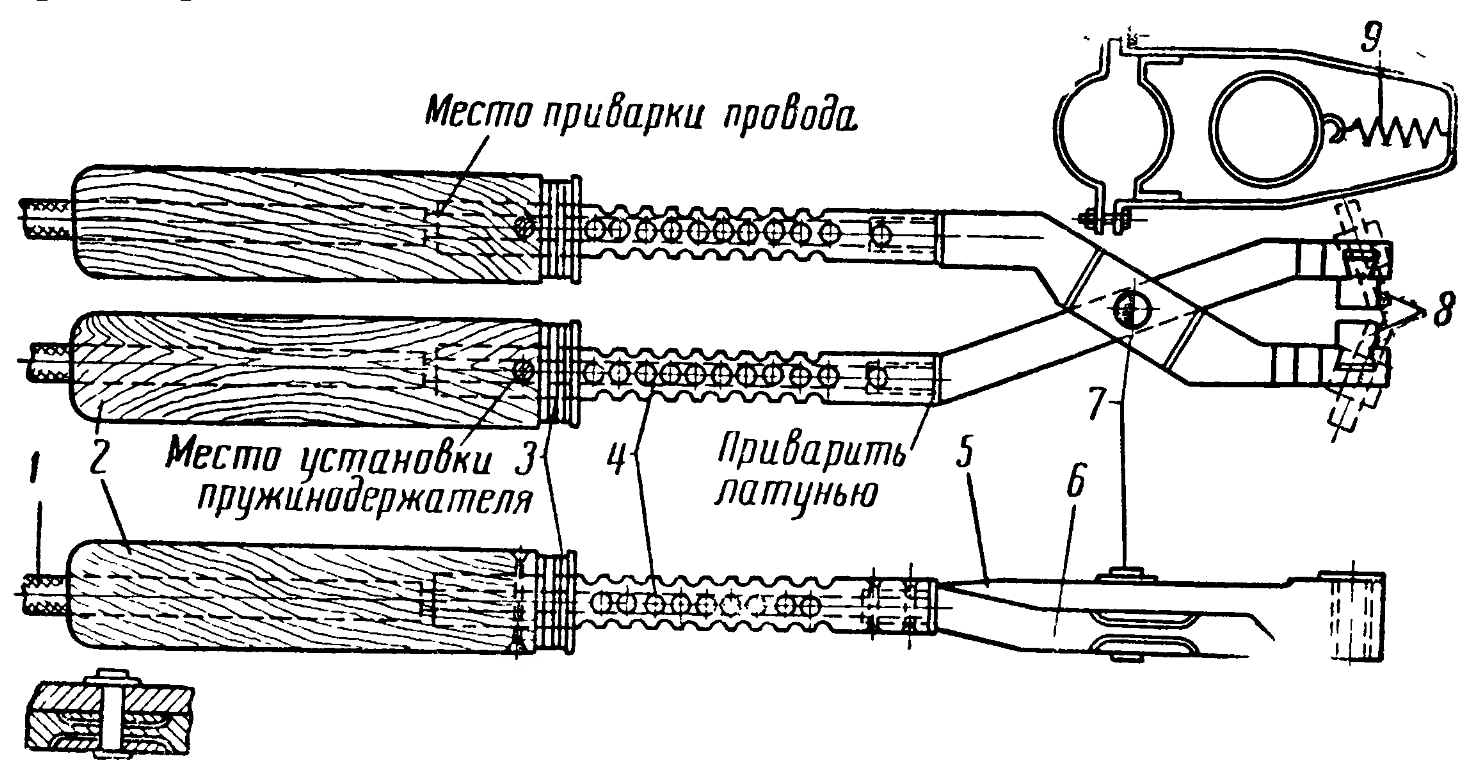



Рис. 101. Сварочные щипцы

Для пропайки бандажей применяют такие же паяльники, но с тупым концом медного стержня.

Электродуговые паяльники работают безотказно и обеспечивают быстрое выполнение паяния, так как в них выделяется много тепла.

Сварочные щипцы. Пайка соединений в обмотках производится мягкими и твердыми припоями. Высокая стоимость и низкая нагревостойкость мягких оловянно-свинцовых припоев послужили причиной, что они во многих случаях заменяются пайкой твердыми припоями, среди которых наибольшее распространение получил медно-фосфористый припой, содержащий 6—7% фосфора. При пайке твердыми припоями для нагрева применяют электрические щипцы с угольными электродами. В зависимости от сечения спаиваемых проводников и удобства в работе применяют щипцы различных размеров. В конструкциях сварочных щипцов слабым местом являются болтовые крепления токоподводящей системы. На Харьковском электромеханическом заводе при пайке обмоток статоров средних и крупных

машин фосфористой медью применены щипцы без болтовых креплений.

Конструкция сварочных щипцов показана на рис. 101.

Угольные электроды *8* закреплены в двух фасонных губках *5* и *6*. С другой стороны к губкам припаяны трубки *4* с насаженными на них фибровыми или деревянными ручками *2*; в трубках для уменьшения теплопроводности просверлены отверстия. В одной из губок изолированно от нее укреплена ось *7*, на которой свободно вращается вторая губка. Изоляция включает слюдяную прокладку и втулку из асбестоцемента. Щипцы имеют пружину для развода электродов. Кабель *1* приваривается твердым припоем к трубкам *4*. Ручки укреплены бандажами *3* из медной проволоки. Питание щипцов осуществляется от однофазного трансформатора мощностью 3 *ква* при пайке сечений проводов до 15 *мм*² и 10 *ква* при сечениях выше 15 *мм*². Для регулировки режима пайки при разных сечениях и формах спаиваемых проводников трансформатор имеет отводы на напряжения 4, 8, 10, 16 и 20 *в*.

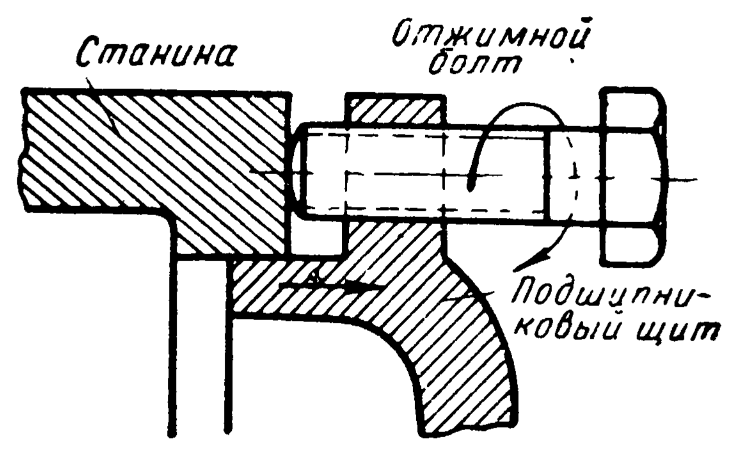



Рис. 102. Съем подшипникового щита при помощи отжимного болта

П р и с п о с о б л е н и я  д л я  р е м о н т а. При разборке неподвижных соединений приходится затрачивать значительные усилия, которые тем больше, чем больше величина натяга посадки деталей. Молоток или кувалду применять нельзя, так как при этом можно разбить чугунные литые детали. Поэтому для разборки надо пользоваться специальными приспособлениями.

Эти приспособления построены по принципу винтового пресса или домкрата. Часто приспособление для разборки совмещено с конструкцией самих деталей машины. Например, во фланцах подшипниковых щитов электрических машин, кроме отверстий для крепящих болтов, ввертываемых в торец станины, предусматривается еще два диаметрально расположенных отверстия с такой же резьбой, какую имеют отверстия в станине. Таким образом, вывернув крепящие болты из станины, ввертывают их в эти отверстия (рис. 102). Когда конец болта упрется в торец станины, то он будет действовать как винтовой пресс и отжимать подшипниковый щит от торца станины. Во избежание перекосов надо оба болта повертывать одновременно или попеременно на пол-оборота каждый.

Если в подшипниковых щитах нет отверстий для отжимных болтов, то при снятии пользуются съемниками. В отверстие планки ввертывают болт, упирающийся в торец вала. В пластине сделано несколько пар отверстий для перестановки крюков при стягивании деталей различных диаметров.

Для снятия шарикоподшипника с вала пользуются также винтовыми стяжками. Стяжка должна захватывать шарикоподшипник обязательно за внутреннее кольцо, чтобы усилие стягивания не передавалось на шарики. Если стягивать подшипник за наружное кольцо, то на шариках и на кольцах останутся вмятины и подшипник уже не сможет нормально работать. Шарики попадают в сбразовавшиеся вмятины, и при работе машины слышны стуки.

Устройство приспособления для стягивания шарикоподшипников с вала показано на рис. 103. Оно состоит из плиты *1* с

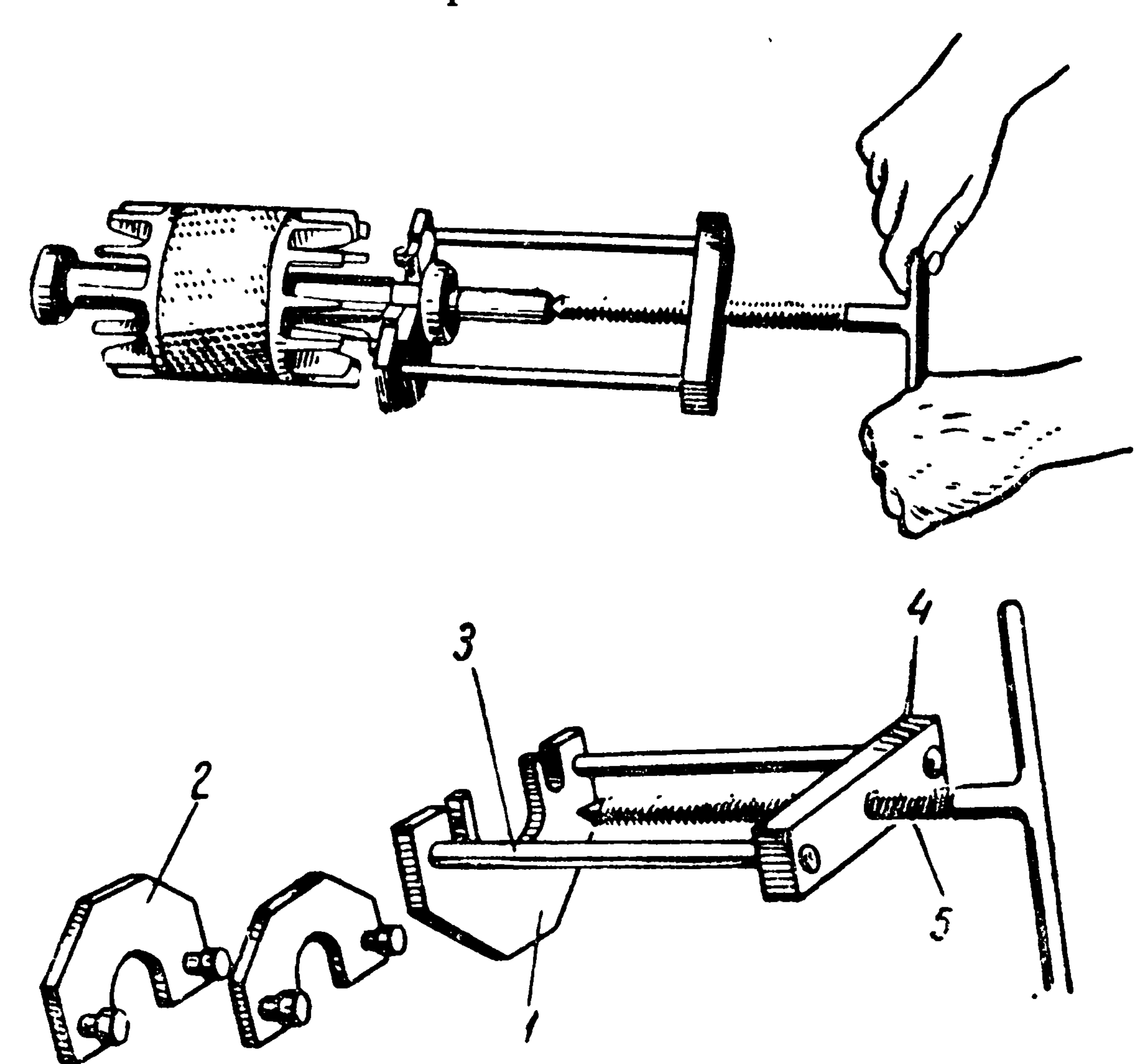



Рис. 103. Съемник для шарикоподшипников

полукруглым отверстием для вала и двумя прорезями, в которые вставляют сменные плитки *2* с двумя штифтами. Размеры сменной плитки подбирают по диаметру вала. В основную плиту ввернуты две стальные шпильки *3*, которые другими концами ввернуты в планку *4*. В центре планки сделано отверстие с нарезкой, в которое ввертывают винт *5*, упирающийся в торец вала. Шарикоподшипник сдвигается с поворотом винта.

Посадка подшипников на вал производится с подогревом их в масле до 80—90°. У нагретого подшипника увеличивается внутреннее отверстие, и поэтому насадка на вал происходит свободно. Для подогрева подшипников применяют специальную ванну (рис. 104), в которой температура масла проверяется термометром. Подшипники нельзя помещать на дно ванны, так как температура дна, соприкасающегося с пламенем горелки, может быть слишком высока и стальное кольцо подшипника отпустится и потеряет твердость.

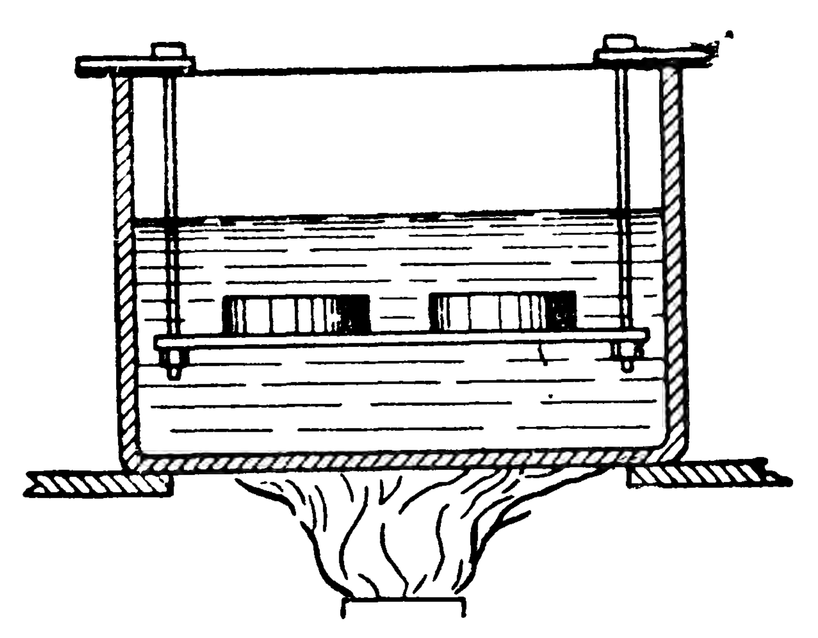


Рис. 104. Ванна для подогрева шарикоподшипников

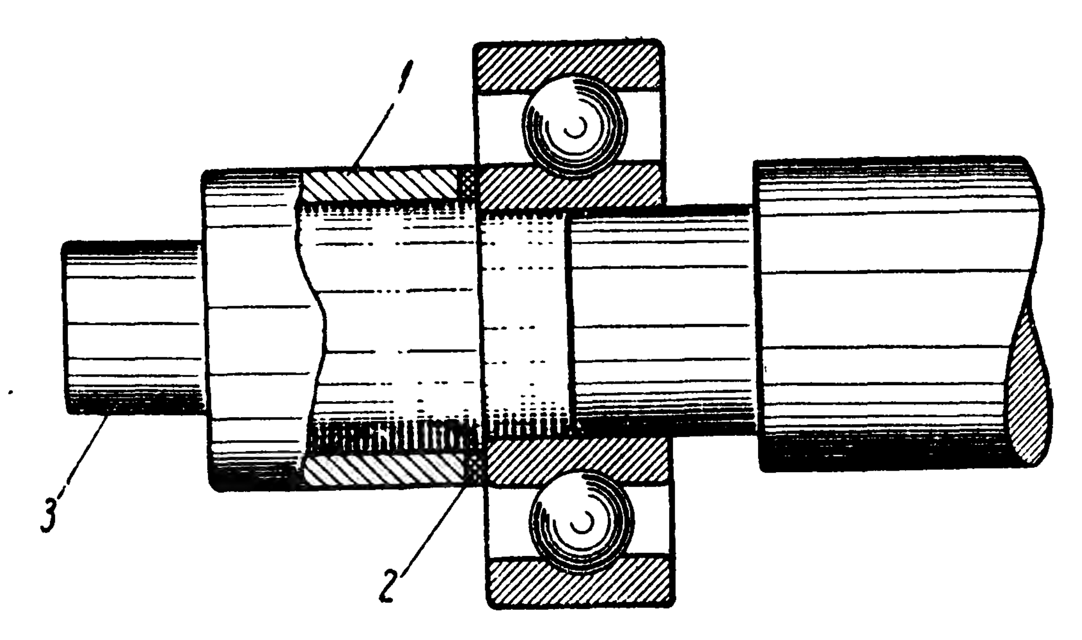



Рис. 105. Приспособление для насадки подшипника на вал

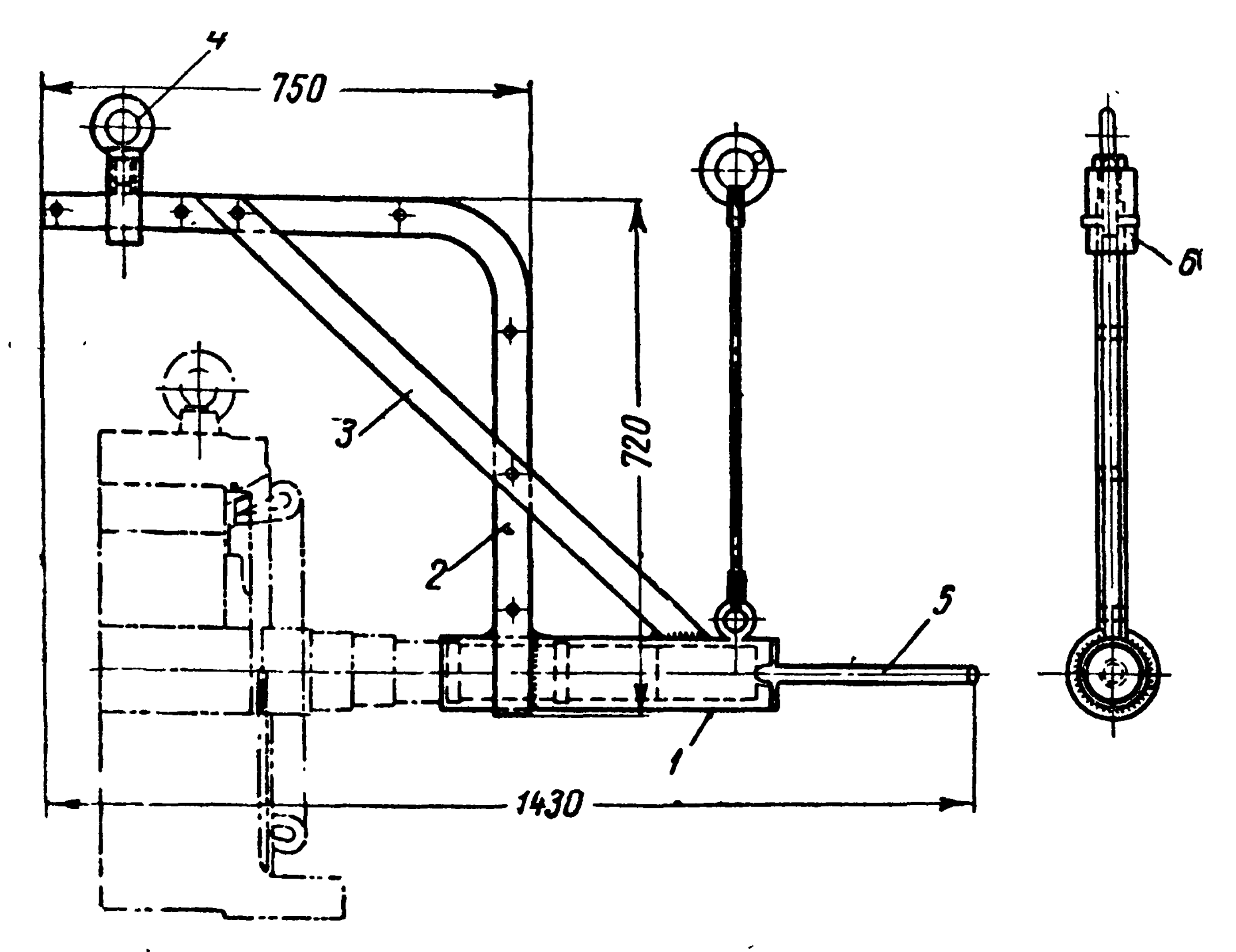



Рис. 106. Приспособление для ввода ротора в статор

При посадке подшипников на вал ни в коем случае нельзя ударять по ним стальным молотком, так как каленое кольцо подшипника легко может расколоться или выкрошиться. Поэтому для насадки подшипника на вал применяется специальная стальная втулка *1* (рис. 105), конец которой, соприкасающийся с подшипником, обрамлен медным ободком *2*. Этим концом втулка приставляется к торцу кольца подшипника, и ударами по хвостовику втулки *3* подшипник нагоняют на вал. После остывания подшипника кольцо его стремится сжаться и плотно охватывает шейку вала.

В дополнение к описанным приспособлениям здесь приводится описание приспособления для ввода ротора в статор (рис. 106). Оно состоит из трубы *1*, которая надвигается на конец вала. К трубе приварен угольник *2* с укосиной *3* и надетым на него подъемным кольцом *4*. Кольцо можно перестанавливать вместе с хомутиком *6*, в который оно ввернуто, и устанавливать по центру тяжести ротора. Подцепив кольцо краном и вывешивая ротор за конец штанги *5*, один слесарь может вводить его в отверстие статора. Без такого приспособления эту работу могли выполнить только два слесаря, притом ввод ротора в статор был менее удобен и при сборке могло произойти повреждение ротора. Таким приспособлением можно пользоваться при диаметрах ротора до 0,5 *м*.

*Глава X*

# РЕМОНТ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

## § 1. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Машины постоянного тока значительно сложнее по устройству, чем асинхронные двигатели, особенно с короткозамкнутым ротором. Это объясняется наличием на вращающемся якоре сложной обмотки и коллектора. Передача электрического тока с якоря к щеткодержателям значительно сложнее, чем в машинах переменного тока, так как при этом происходит процесс коммутации, т. е. изменение направления тока в секции, замкнутой щеткой. Поэтому причин искрения щеток гораздо больше и щеточный аппарат машины должен находиться под постоянным наблюдением. Обслуживание машин постоянного тока требует специальных знаний и опыта, так как при неправильном определении неисправности можно не только не устранить ее, а, наоборот, еще ухудшить работу машины.

Так же как в машинах переменного тока, неисправности машин постоянного тока можно разделить на механические, электрические и магнитные.

К механическим неисправностям относятся: ослабление прессовки коллектора или выступание отдельных пластин, нарушение регулировки давления щеток на коллектор, ослабление крепления щеточных пальцев, вызывающее вибрацию щеткодержателей, ослабление посадки на валу сердечника якоря, нагревание или стуки в подшипниках.

Электрическими неисправностями являются замыкание в обмотке якоря между витками или на корпус, замыкания в обмотке возбуждения, нарушение контактов в соединениях обмотки якоря с коллектором или между полюсными катушками, неправильная установка щеток на коллекторе, неправильная полярность полюсов и др.

Неисправности магнитной системы машины заключаются в замыканиях между листами якоря, распушении зубцов, ослаблении прессовки сердечника, ослаблении крепления полюсов к

станине, перекосах при установке полюсов, неравномерности воздушного зазора между якорем и полюсами и т. д.

Обнаружить неисправности в машинах постоянного тока сложно потому, что одни и те же признаки их могут быть вызваны различными причинами. Так, например, подгорание отдельных пластин коллектора может быть как ввиду неровностей поверхности коллектора, так и обрывов в обмотке якоря. Потемнение поверхности коллектора происходит от чрезмерного нагрева или загрязнения поверхности коллектора мягкими щетками. Искрение под отдельными щетками может быть как от нарушения регулировки давления, так и от неправильного выбора марки щеток.

## § 2. ИСКРЕНИЕ НА КОЛЛЕКТОРЕ

Искрение на коллекторе — это наиболее часто встречающаяся неисправность машин постоянного тока. Поэтому при осмотре машины надо прежде всего обращать внимание на работу щеток. Сильное искрение под щетками вызывает повреждение поверхности коллектора и повышенный износ щеток. Однако полное отсутствие искрения бывает в машинах постоянного тока очень редко. При длительной работе машины считается допустимым, когда наблюдается слабое искрение приблизительно у половины числа всех щеток. Если искрение происходит под большей частью щетки у большинства или у всех щеток, то на коллекторе остаются следы почернения, а на щетках следы нагара. Такое искрение допускается только при кратковременной перегрузке, толчках или изменении направления вращения машины (реверсировании).

При определении искрения надо всегда смотреть на щетку по ходу коллектора, а не против хода, так как обычно искрение более заметно под задним краем щетки.

Причинами искрения могут быть: неправильная установка траверсы щеткодержателей, неравномерное расстояние между щетками отдельных пальцев по окружности коллектора, слишком сильное или слишком слабое нажатие щеток на коллектор, неправильный выбор марки щеток, вибрация пальцев щеткодержателей или всей машины.

Кроме того, сильное искрение на коллекторе может наблюдаться при неисправностях обмотки якоря или катушек возбуждения. Например, обрыв одного проводника якоря вызывает сильное искрение на коллекторной пластине, с которой он соединен. Замыкание витков в полюсных катушках также приводит к искрению на коллекторе. Если дополнительные полюса имеют неправильную полярность, то они вызывают усиленное искрение при работе машины под нагрузкой. Правильная полярность дополнительных полюсов в гнераторах и двигателях должна соответствовать схемам на рис. 107.

Когда под щетками замечается усилившееся искрение, надо остановить машину и осмотреть поверхность коллектора. Обычно в этих случаях заметны штрихи на пластинах коллектора. Если эти штрихи, которые являются следами подгара, можно удалить тряпкой, смоченной в бензине, то такое искрение считается неопасным и допустимым. В противном случае приходится прибегать к чистке коллектора тонкой стеклянной бумагой, которая прикладывается к коллектору на ходу машины. Применение наждачной бумаги не допускается, так как пыль наждака является токопроводящей и, оседая в машине, снижает изоля-

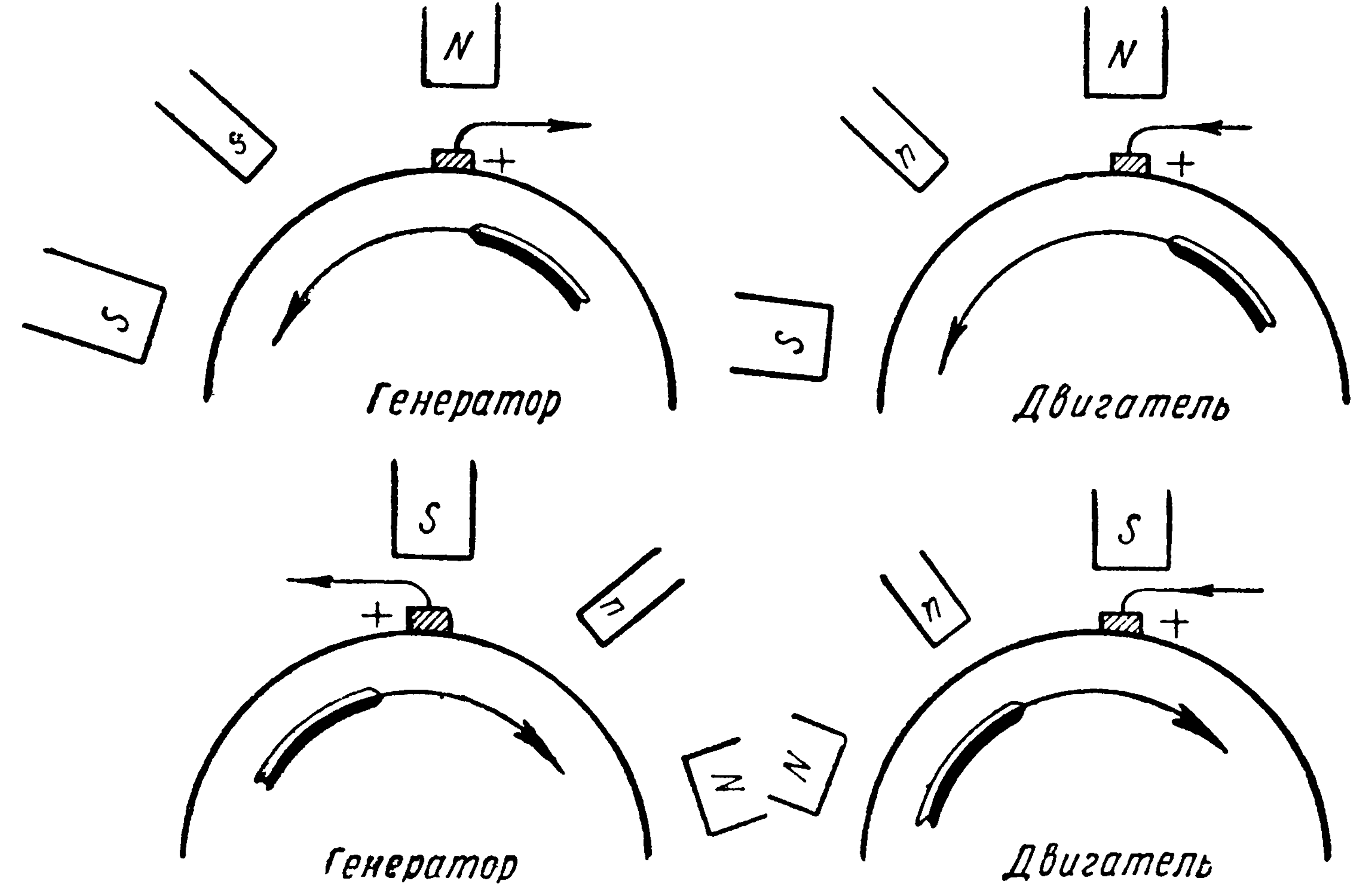


Рис. 107. Схемы полярности полюсов (вид со стороны коллектора)

ционные свойства обмотки. Кроме того, зерна наждачной пыли въедаются в коллекторные пластины и увеличивают переходное сопротивление между щеткой и коллектором.

Одновременно с чисткой коллектора должны быть приняты меры к тому, чтобы обнаружить причины искрения и устранить их. Если на коллекторе обнаружены глубокие местные подгары, то машину надо сдать в ремонт для проточки коллектора. Подгар не следует смешивать с черными кольцевыми дорожками, которые появляются на коллекторе при мягких щетках. Этот угольный след легко удаляется тряпкой, смоченной в бензине.

Необходимо отметить, что в процессе работы поверхность коллектора не сохраняет свой медно-красный цвет, а получает тусклый синеватый оттенок, который в практике называют политурой. Она полезна тем, что предохраняет поверхность коллектора от износа; счищать ее не следует.

Биение коллектора проверяется в собранной машине при помощи индикатора. Оно должно быть не более 0,04 *мм*.

Установка траверсы проверяется следующим образом: при неподвижном двигателе к обмотке возбуждения подводится от

источника постоянного тока напряжение около 12 *в*, а к зажимам якоря подключают вольтметр на 1,5—3 *в*. Перемещая траверсу по коллектору в обе стороны, находят такое положение, при котором стрелка вольтметра не отклоняется во время замыкания и размыкания цепи возбуждения.

Расстояния между щетками по окружности коллектора можно проверить тонкой стальной рулеткой с миллиметровыми делениями, прикладывая ее к поверхности коллектора обратной стороной.

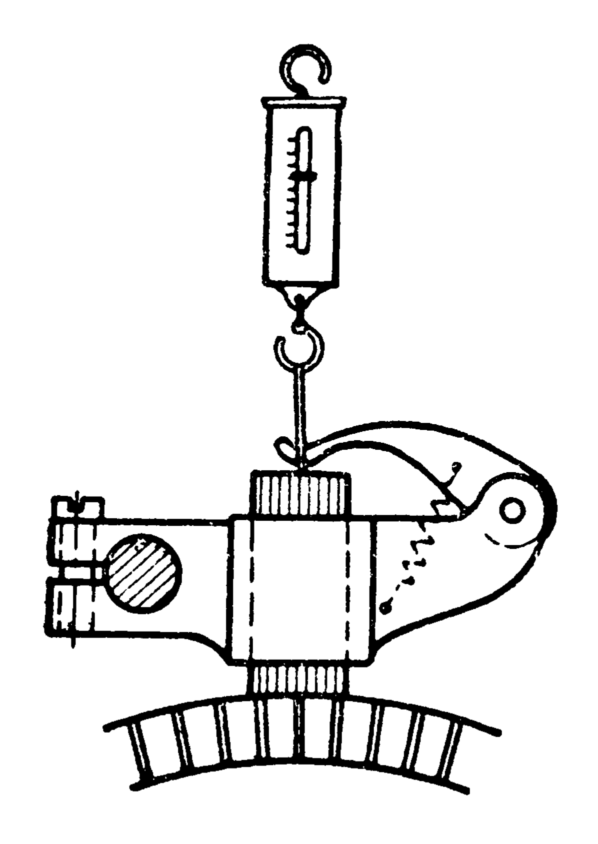


Рис. 108. Измерение давления щетки на коллектор

Разница между расстояниями различных щеток не должна превышать половины толщины коллекторной пластины. В противном случае надо устранять перекос пальцев щеткодержателей. Измерение надо производить между крайними щетками со стороны обмотки якоря.

Давление щетки на коллектор проверяют пружинным безменом (рис. 108), направляя его по продолжению радиуса коллектора. Отсчет показаний безмена производят в момент отрыва щетки от коллекторной пластины. Измеренное давление надо сравнить с расчетным, которое получают, умножив площадь щетки на удельное давление по табл. 5.

Например, если размеры щетки $2 \times 3{,}2$ *см*, а марка щетки ЭГ2, то давление щетки должно быть в пределах от $2 \times 3{,}2 \times 200 = 1280$ *г* до $2 \times 3{,}2 \times 250 = 1600$ *г*.

Марку щетки следует выбирать согласно указаниям в заводских инструкциях и каталогах, а при отсутствии их руководствоваться табл. 10.

*Таблица 10*

**Выбор марок щеток для машин постоянного тока**

| Тип машины | Плотность тока под щеткой, *а/см²* | Окружная скорость на коллекторе, *м/сек* | Рекомендуемые марки щеток |
|---|---|---|---|
| *Электродвигатели* | | | |
| а) общепромышленного применения: | | | |
| мощность 10—30 *квт*, напряжение 110 *в*, спокойная работа . . . . . . . . . . | До 8 | До 15 | Г2 |
| мощность около 50 *квт*, напряжение 110 *в*, спокойная работа . . . . . . . . . . | » 10 | » 20 | ЭГ2, ЭГ14 |

| Тип машины | Плотность тока под щеткой, $a/см^2$ | Окружная скорость на коллекторе, $м/сек$ | Рекомендуемые марки щеток |
|---|---|---|---|
| мощность около 100 *квт*, напряжение 110—220 *в*, нагрузка колеблется . . . . . . . | До 10 | 20—25 | ЭГ14 |
| б) подъемников, кранов, насосов: | | | |
| мощность 10—25 *квт*, напряжение 110—220 *в* . . . . . | До 8 | До 15 | Г2 |
| мощность 10—25 *квт*, напряжение 500 *в* . . . . . . . | » 7 | » 12 | Г1 |
| средняя и большая мощность, напряжение до 500 *в* . . . | » 10 | » 15 | ЭГ2, ЭГ2а, ЭГ14 |
| то же, с повышенной скоростью . . . . . . . . . | » 10 | 15—30 | ЭГ14, ЭГ8, ЭГ9, ЭГ10 |
| то же, напряжение 500 *в* и выше . . . . . . . . . . | » 9 | До 50 | ЭГ83, ЭГ84 |
| в) вспомогательных механизмов прокатных станов: | | | |
| толчкообразная нагрузка, механические сотрясения . . . | До 10 | 30—40 | ЭГ8, ЭГ9, ЭГ10 |
| высокое напряжение, затрудненная коммутация . . . . | » 9 | До 50 | ЭГ83, ЭГ84 |
| г) прокатных станов | 9—10 | 30—40 | ЭГ8, ЭГ14, ЭГ9, ЭГ10 |
| д) блюмингов, слябингов, рельсо-балочных станов | До 9 | До 50 | ЭГ83, ЭГ84 |
| е) тяговые для: | | | |
| быстроходных электровозов, напряжение 500 *в* и выше . . | До 10 | 30—40 | ЭГ8, ЭГ83, ЭГ84 |
| то же, напряжение 220—500 *в* . . . . . . . . . | » 10 | 30 | ЭГ13, ЭГ14, ЭГ8 |
| то же, напряжение 100—220 *в* | » 10 | 20—30 | ЭГ13, ЭГ14, ЭГ2а |
| шахтных электровозов низкого напряжения . . . . . . . | 10—12 | До 20 | Г3, М3 |

| Тип машины | Плотность тока под щеткой, $а/см^2$ | Окружная скорость на коллекторе, *м/сек* | Рекомендуемые марки щеток |
|---|---|---|---|
| ж) малой мощности для: | | | |
| электроинструментов, напряжение 110—220 *в* . . . . . | До 6 | До 10 | Т2 |
| стартеров, напряжение 18—24 *в* . . . . . . . . . . | — | — | МГ4, М1, МГС5, МГС6 |
| стартеров, напряжение 6—12 *в* . . . . . . . . . . | — | — | МГС |
| *Генераторы:* | | | |
| мощность 10—30 *квт*, напряжение 110 *в*, средняя и большая мощность, напряжение 110 *в*, спокойная нагрузка . . . . . . . . | До 9<br>» 10 | До 15<br>20—25 | Г2<br>Г3, Г2 |
| средняя и большая мощность, напряжение 110—220 *в*, нагрузка толчкообразная . . . . . . . | » 10 | 20—30 | ЭГ14, ЭГ8, ЭГ11, ЭГ12 |
| то же . . . . . . . . . . | » 10 | 40—50 | ЭГ83, ЭГ84 |
| Низковольтные: | | | |
| напряжение до 40 *в* . . . . | До 12 | До 20 | М1, М6 |
| напряжение 12—24 *в* . . . . | 10—15 | » 20 | МГ4, МГ6 |
| напряжение до 12 *в* . . . . | До 20 | » 12 | МГС |
| Возбудители: | | | |
| малой мощности . . . . . | До 8 | » 15 | Г2 |
| с повышенными нагрузками . | » 10 | 20—25 | Г3 |
| с повышенными скоростями | » 10 | 20—30 | ЭГ11, ЭГ12, ЭГ14, ЭГ8 |
| Быстроходные . . . . . | До 9 | 50 и выше | ЭГ83, ЭГ84 |

## § 3. ПЕРЕГРЕВ КОЛЛЕКТОРА

Сильное искрение на коллекторе, как правило, сопровождается его усиленным нагреванием. С устранением искрения обычно снижается и нагрев коллектора. Чрезмерный нагрев коллектора ухудшает работу щеток и может вызвать искрение. Таким образом, нагрев и искрение между собой тесно связаны.

Причины чрезмерного нагрева коллектора следующие.

1. Слишком большая плотность тока под щетками. Она часто образуется в машинах, которые были перемотаны с более высокого напряжения на более низкое без изменения щеток и кол-

лектора. При этом ток машины возрастает и плотность тока под щетками увеличивается. Она не должна превосходить данной в табл. 5.

2. Увеличение электрических потерь энергии на коллекторе, которые определяются по формуле

$$P_э = I 2 \Delta U,$$

где $I$ — ток якоря машины, а $\Delta U$ — падение напряжения под щетками. Коэффициент 2 показывает, что ток проходит через щетки два раза: выходя из якоря и возвращаясь в него.

Из формулы видно, что увеличение электрических потерь может быть при перегрузке машины и замене щеток другими с бóльшим переходным сопротивлением (см. табл. 5).

3. Увеличение механических потерь энергии на коллекторе, которые определяются по формуле

$$P_м = k \cdot p \cdot F \cdot v,$$

где $k$ — коэффициент трения между щеткой и коллектором;

$p$ — удельное давление на щетку, *г/см²*;

$F$ — полная площадь всех щеток, *см²*;

$v$ — окружная скорость на коллекторе, *м/сек*.

Из этой формулы видно, что механические потери могут повыситься при увеличении давления щеток на коллектор или замене щеток другими с бóльшим коэффициентом трения, а также при плохой притирке контактной поверхности щеток. Поэтому после смены щеток машине дают поработать с неполной нагрузкой до тех пор, пока поверхность щеток не получит зеркального блеска. Увеличение скорости вращения также ведет к повышению механических потерь, но при этом улучшается охлаждение коллектора, и поэтому он не перегревается. Температура коллектора не должна превышать 100° при изоляции класса А и 120° при изоляции класса В.

## § 4. ПЕРЕГРЕВ ЯКОРЯ

Нагрев якоря определяется потерями энергии в сердечнике и в обмотке якоря. Увеличение потерь в сердечнике возможно при замыкании листов между собой, что влечет за собой усиление вихревых токов. Если в процессе ремонта сердечник плохо спрессован, то в нем увеличится индукция, что также поведет к повышению потерь и перегреву сердечника.

Потери в обмотке якоря могут возрасти при перегрузке машины, а также при различного рода неисправностях в обмотке.

Если на пазовые части обмотки якоря намотаны слишком широкие бандажи, то в них будут образовываться сильные вихревые токи, от которых не только перегревается якорь, но может произойти распайка бандажей.

Температура обмотки обычно проверяется методом сопротивления, так как термометром можно проверить лишь температуру поверхности изоляции, а проводники обмотки нагреты больше, чем поверхность изоляции.

Метод сопротивления основан на том, что при нагревании на 1° сопротивление медных проводников увеличивается на 0,004 *ом*. Таким образом, замерив сопротивление обмотки в холодном и нагретом состояниях, можно определить превышение температуры обмотки над температурой окружающего воздуха.

Например, если сопротивление обмотки якоря в холодном состоянии было 5 *ом*, а после работы машины поднялось до 6 *ом*, то на каждый *ом* холодного сопротивления оно увеличилось на $\frac{6-5}{5}=\frac{1}{5}=0{,}2$ *ом*. На основании этих измерений можно определить превышение температуры обмотки $\frac{0{,}2}{0{,}004}=50°$.

Сопротивление обмотки измеряется между двумя коллекторными пластинами постоянным током с помощью амперметра и вольтметра при неподвижном якоре. Измерение нагретого якоря надо производить сразу же после остановки машины.

Увеличение нагрева якоря может произойти также при ухудшении охлаждения машины. Это может быть вызвано следующими причинами:

засорением наружной поверхности станины или вентиляционных каналов в якоре;

засорением решеток для входа и выхода воздуха или заменой их другими с меньшей площадью отверстий;

уменьшением скорости вращения якоря при его перемотке в процессе ремонта;

установкой машины вблизи стенок, мешающих входу и выходу охлаждающего воздуха;

повышенной температурой окружающего воздуха, нагреваемого каким-либо посторонним источником тепла.

Все эти возможные причины надо проверить и устранить.

## § 5. ПЕРЕГРЕВ ПОЛЮСНЫХ КАТУШЕК

В полюсах машин постоянного тока нет магнитных потерь, так как через них проходит магнитный поток постоянного направления. Поэтому единственной причиной нагревания полюсных катушек может быть неисправность самих катушек.

Катушки полюсов могут перегреваться по следующим причинам.

1. Слишком сильный ток возбуждения. В шунтовых машинах это может быть вызвано уменьшением сопротивления катушек вследствие замыкания между витками в одной или в нескольких катушках. Интересно отметить, что в обмотках переменного тока

катушки с замкнутыми витками сильно нагреваются, так как в этих витках течет ток короткого замыкания. Наоборот, в катушках, через которые протекает постоянный ток, замкнутые витки остаются без тока, и такие катушки будут холоднее других. Остальные же катушки будут нагреваться сильнее, так как после выключения части витков сопротивление цепи возбуждения уменьшится и ток в катушках увеличится. Витковые замыкания можно обнаружить измерением сопротивлений отдельных катушек.

2. Ухудшение охлаждения катушек. Это может произойти, если при ремонте каналы между катушками заполнены глухими дистанционными прокладками без отверстий для воздуха или если между катушкой и станиной проложены толстые прокладки из изоляционного материала. Слишком рыхлая намотка витков катушек при ремонте ведет к уменьшению расстояний между ними и плохой передаче тепла от внутренних витков к наружным, что повлечет за собой перегрев внутренних витков катушки, обнаруживаемый при измерении перегрева методом сопротивления.

## § 6. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ НЕ ИДЕТ В ХОД

Если при включении двигателя под напряжение якорь не вращается, то причины могут быть внешние, не зависящие от двигателя, или внутренние, связанные с его неисправностью.

Внешние причины могут заключаться в следующем.

1. Перегорание плавких предохранителей. Чтобы обнаружить это, надо проверить вольтметром напряжение на зажимах двигателя. Если вольтметр не дает показаний, надо исправить предохранитель.

2. Обрыв в пусковом реостате или соединительных проводниках. Эти неисправности могут быть обнаружены также при помощи вольтметра.

3. Неправильное включение реостата в цепь возбуждения двигателя с параллельным возбуждением (шунтового). Ошибка заключается в том, что обмотка возбуждения включена после пускового реостата (рис. 109, *б*). При этом во время пуска двигателя напряжение

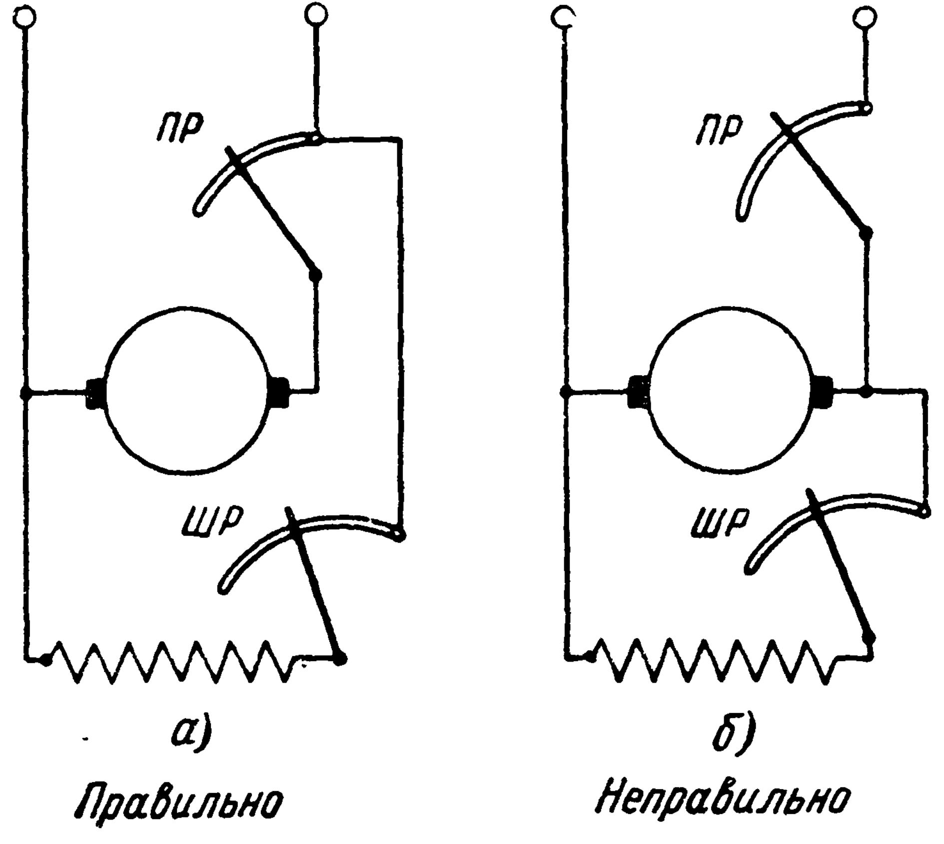



Рис. 109. Схемы включения пускового реостата:
*а* — правильная, *б* — неправильная

возбуждения сильно ослаблено и двигатель медленно набирает скорость вращения и забирает большой ток при пуске. Правильное включение обмотки возбуждения показано на рис. 109, *а*, где напряжение к обмотке возбуждения подводится независимо от пускового реостата.

Внутренними причинами того, что двигатель не идет в ход, могут быть: обрыв в обмотке якоря, междувитковое соединение или короткое замыкание в одной или нескольких катушках параллельного возбуждения, соединение катушек полюсов с корпусом или с другими обмотками. Обрывы в обмотке якоря можно обнаружить методом падения напряжения, измеряя напряжение между соседними коллекторными пластинами при питании якоря постоянным током от постороннего источника.

Замыкания между катушками возбуждения можно обнаружить при помощи вольтметра, измеряя напряжение на зажимах каждой катушки.

## § 7. НЕНОРМАЛЬНОЕ ЧИСЛО ОБОРОТОВ ДВИГАТЕЛЯ

У двигателя с последовательным возбуждением число оборотов резко изменяется при изменении нагрузки на его валу. Поэтому такой двигатель нельзя включать на полное напряжение при отсутствии нагрузки, так как он при этом пойдет вразнос. При пониженной нагрузке число оборотов двигателя будет больше номинального. Для поддержания числа оборотов надо вводить реостат, включенный последовательно с двигателем.

У двигателей с параллельным возбуждением необходимое число оборотов устанавливается при помощи регулировочного реостата в цепи возбуждения.

Для увеличения числа оборотов надо в цепь возбуждения ввести большее сопротивление реостата, ослабляя этим магнитный поток полюсов.

Если двигатель имеет пониженное число оборотов, то магнитный поток полюсов слишком велик. Это может быть при уменьшении сопротивления в цепи возбуждения, которое необходимо определить и устранить.

Если двигатель имеет ненормально высокое число оборотов, то причину следует прежде всего искать в цепи возбуждения. Она может заключаться в неправильном соединении катушек или неисправности регулировочного реостата.

## § 8. ГЕНЕРАТОР НЕ ДАЕТ НАПРЯЖЕНИЯ

Причинами того, что генератор не дает напряжения, могут быть:

1) пониженное число оборотов первичного двигателя или большое скольжение приводного ремня;

2) неправильная полярность дополнительных полюсов; про-

верить правильность полярности следует по схемам на рис. 107 при помощи магнитной стрелки;

3) отсутствие или понижение тока возбуждения.

Однако, кроме перечисленных причин, генератор может не давать напряжения вследствие того, что он не возбуждается.

Все генераторы, за исключением небольшого числа специальных, работают по принципу самовозбуждения. При пуске генератора первоначальный поток создается за счет остаточного магнетизма магнитной системы машины. Затем магнитный поток увеличивается за счет нарастания тока, идущего от якоря в катушки возбуждения.

Если катушки соединены с якорем неправильно, то ток якоря будет не усиливать, а ослаблять магнитный поток полюсов, и машина размагнитится.

В этом случае необходимо, отключив генератор от сети, намагнитить полюса, пропустив через катушки постоянный ток от постороннего источника, например от аккумулятора. Схема соединений машины должна быть исправлена. На рис. 107 показаны схемы полярности полюсов генераторов и двигателей для правого и левого вращения.

Генератор может также не самовозбудиться, если в цепь возбуждения включено очень большое сопротивление реостата. Поэтому при пуске генератора надо вывести реостат из цепи возбуждения, а после того как генератор возбудится, установить требуемое напряжение на зажимах при помощи этого реостата.

## § 9. ПОДГОТОВКА МАШИНЫ К РЕМОНТУ

Прежде чем приступить к ремонту машины, необходимо произвести подготовительные операции, которые заключаются в очистке внешней поверхности машины от грязи, снятии шкива с вала, снятии подшипниковых щитов, разборке машины, промывке и очистке деталей машины от пыли и грязи.

Очистка наружной поверхности машины производится для того, чтобы при разборке грязь не попала во внутреннее пространство машины. Наружную очистку можно производить с помощью щеток и тряпок, смоченных в керосине. Сухую пыль следует удалять путем продувки сжатым воздухом из шланга. Решетки на вентиляционных отверстиях должны быть при этом закрыты.

Снимать шкив или полумуфту с вала надо осторожно, чтобы не повредить самый шкив, а также подшипники. Обычно у находившихся в работе машин шкив плотно сидит на валу благодаря тому, что шпоночная канавка шкива под действием вращающего момента машины прижимается к шпонке вала. Иногда плотное соединение является следствием ржавления поверхностей соприкосновения.

Снятие шкива при помощи ударов молотка или забивания клина между шкивом и подшипниковым щитом часто ведет к тому, что выламываются стенки шкива или повреждается подшипниковый щит. Поэтому единственно правильным способом снятия шкива с вала является применение винтовых стяжек, которые позволяют плавно сдвинуть шкив с вала. При пользовании стяжками подшипники машины не испытывают никаких усилий, в то время как удары по шкиву передаются и на подшипники. Это влечет за собой смятие или раскалывание баббитовой заливки у подшипников скольжения или смятие шариков и колец у шарико- и роликоподшипников. После снятия шкива надо осторожно выбить шпонку, чтобы при этом не повредить конец вала.

Снимать подшипниковые щиты следует при помощи отжимных болтов (см. рис. 102), а при отсутствии их пользоваться винтовыми стяжками. Общий порядок и отдельные операции разборки машин изложены в главе IX.

После того как машина разобрана, нужно очистить ее детали от пыли и грязи. Для этого лучше всего пользоваться струей сжатого воздуха. При отсутствии сети сжатого воздуха можно пользоваться ручными мехами.

Подшипники машины промывают керосином, затем бензином и продувают сжатым воздухом.

Обмотки очищают сухим и чистым воздухом под давлением до 2 *атм* до полного прекращения отделения пыли из обмоток. Струя воздуха должна направляться так, чтобы пыль не забивалась в пазы и в глубь обмотки.

Промывают обмотки путем погружения их несколько раз в бак с четыреххлористым углеродом или бензином. Обмотки крупных машин обливают этими же жидкостями до тех пор, пока стекающая жидкость не будет чистой. Чтобы избежать вредного влияния моющих жидкостей на лаковые пропиточные элементы обмотки, время пребывания обмотки в жидкости не должно превышать 5 мин. После промывки обмотку следует продуть сжатым воздухом до полного удаления моющей жидкости с поверхности. Моющая жидкость периодически фильтруется. После обдувания воздухом обмотка подвергается сушке.

Сушка производится в шкафах с нагревом до 100—110° при помощи спиралей или инфракрасных ламп. Сушильные шкафы должны иметь хорошую вентиляцию для отсоса влаги, выделяемой из обмоток. Время сушки обмоток машин на напряжение до 525 *в* определяют по сопротивлению изоляции, измеренному мегомметром, которое сравнивают с сопротивлением изоляции, вычисленным по формуле

$$r = \frac{U}{1000 + \frac{P_n}{100}},$$

где $U$ — напряжение, *в*;
$P_n$ — мощность, *квт*;
$r$ — сопротивление изоляции, *мгом*.

## § 10. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ

Подшипники электрических машин являются очень ответственными деталями, так как при выходе их из строя машина терпит аварию. Для машин постоянного тока зазор между шейкой вала и вкладышем подшипника не должен превышать 10% от величины зазора между якорем и полюсами. Если зазор превышает указанную величину, то надо подшипниковую втулку вынуть для ремонта. Баббитовую заливку выплавляют.

После выплавления старого баббита поверхность вкладыша или втулки подшипника очищается металлической щеткой или на пескоструйном аппарате, обезжиривается в горячей щелочи, тщательно промывается водой, травится соляной кислотой, снова промывается водой и сушится. Для лужения вкладыш нагревается в печи до 350—400°, смазывается паяльной жидкостью и лудится палочкой припоя ПОС-30.

Для заливки применяется баббит Б-16 при окружной скорости шейки вала до 5 *м/сек* и баббит Б-83 при больших скоростях. Цифры в марке баббита показывают процентное содержание олова. Заливают баббит в особой форме при вертикальном положении вкладыша, нагретого до 200°, за один прием, не прерывая струи баббита, нагретого до 450—500°.

Подшипники скольжения требуют периодического пополнения масла. Его доливают во время осмотров машины через специальное отверстие в головке подшипника при помощи масленки. Через два — четыре месяца, в зависимости от условий работы машины, масло надо заменить свежим. Для этого ставят коробку под спускную пробку и отвинчивают ее. Когда масло стечет, подставляют другую коробку и промывают подшипник керосином. Дав стечь керосину, вливают в подшипник немного масла, чтобы удалить остаток керосина. Затем завинчивают спускную пробку и заливают подшипник свежим маслом до уровня маслоуказателя.

Быстрое загрязнение масла может происходить вследствие наличия в камере подшипника формовочной земли, которая размывается теплым маслом и загрязняет его. Для устранения этого недостатка надо разобрать подшипник, при помощи стальной щетки очистить поверхность камеры от формовочной земли, промыть камеру керосином, высушить и покрыть маслостойкой эмалью. Если загрязнение масла объясняется пылью, проникающей в камеру подшипника из окружающего воздуха, то надо улучшить уплотнение подшипника путем добавления кожаных

или резиновых шайб между шейкой вала и головкой подшипника.

Подшипники качения после определенного износа или поломки заменяют новыми. Износ подшипника можно проверить, взяв рукой за конец вала машины и покачав его в разные стороны. При хороших подшипниках вал не будет сдвигаться, а при изношенных ощущается перемещение вала на величину зазора в подшипнике.

Если в подшипнике произошла поломка (раскололся шарик или образовалась выбоина на дорожке кольца), то он будет издавать сильный стук. Такой подшипник надо немедленно заменить новым, так как осколки поломанной части могут быстро разрушить остальные шарики и ротор заденет за расточку статора, а машина потребует капитального ремонта.

## § 11. РЕМОНТ ВАЛОВ

Ремонт вала заключается в выправлении искривлений, обточке и шлифовке шеек, исправлении шпоночных канавок или полной замене поломанного вала.

Искривление вала объясняется различными причинами. Тонкие и длинные валы диаметром до 30 *мм* могут быть изогнуты при обработке на станке под действием резца. Валы большего диаметра могут получить искривления при прессовке пакета ротора или насадке на вал коллектора.

Если вал изогнут, то при вращении он производит неравномерное изнашивание вкладыша скользящего подшипника или неравномерное распределение усилий в шариковом подшипнике. Выход из строя подшипников часто происходит по причине искривления вала или дефектов на поверхности его шейки. Не чувствительны к прогибу вала только самоустанавливающиеся подшипники.

Чтобы устранить влияние искривления вала на работу машины, тонкие валы шлифуют под подшипники не при обработке вала, а после насадки на вал сердечника якоря и коллектора. Одновременно шлифуют наружную поверхность пакета якоря. В этом случае при вращении якоря в подшипниках машины пакет якоря не будет иметь биения, так как он прошлифован за одну установку с шейками вала под подшипники.

Искривление вала определяют по величине биения при вращении. Для этого в центрах токарного станка устанавливают якорь и, медленно поворачивая его рукой, проверяют биение отдельных участков при помощи индикатора.

Если искривление вала достигает такой величины, что не может быть устранено обработкой насаженных на него деталей, то прибегают к его правке. Тонкие валы можно править непосредственно в центрах токарного станка.

Более толстые валы правят усилием винтового пресса, кладя вал концами на две опоры и производя давление ползуном пресса на среднюю часть вала.

## § 12. РЕМОНТ ЯКОРЕЙ

Неисправности якоря могут заключаться в повреждении зубцов, ослаблении посадки сердечника якоря на валу или выходе из строя обмотки.

У машин с частыми пусками, и особенно у реверсивных, иногда наблюдается ослабление посадки сердечника якоря на валу, сопровождаемое срезанием шпонки. В этих случаях надо снять обмотку и коллектор с вала и разобрать сердечник. Вместо сработанной шпонки надо поставить новую из твердой стали. Ши-

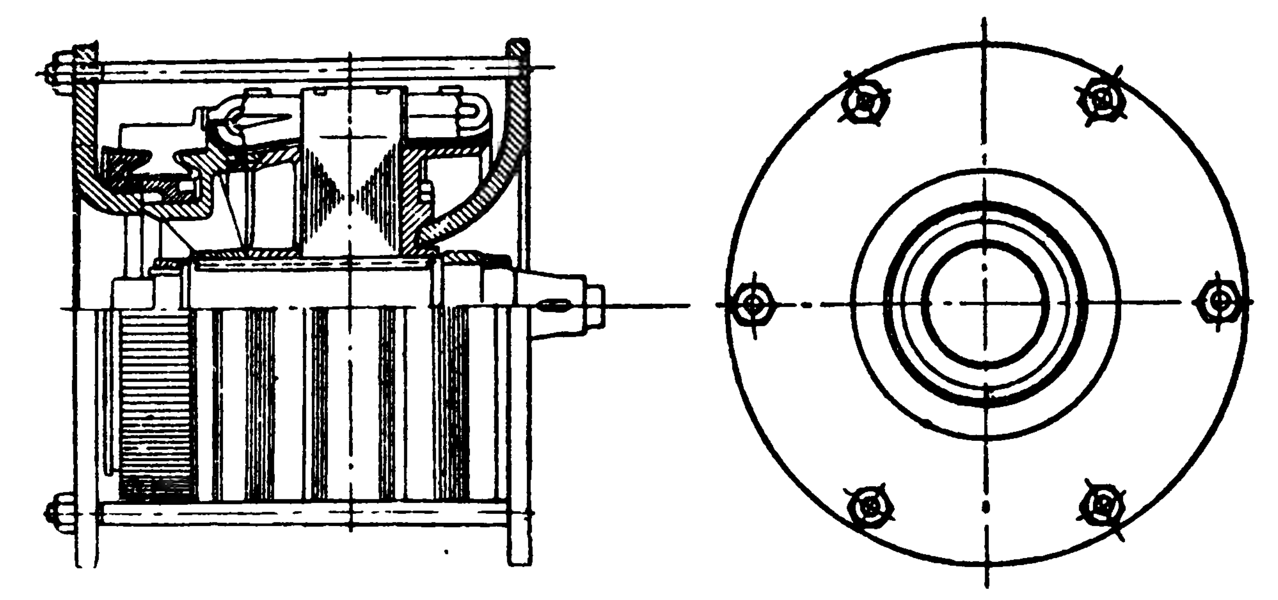


Рис. 110. Приспособление для выпрессовки вала

рина новой шпонки берется несколько большей, и края шпоночной канавки вала должны быть припилены или профрезерованы по размерам шпонки. При замене вала надо увеличить натяг посадки листов сердечника якоря на вал за счет увеличения диаметра вала. Это дает бóльшую гарантию, чем замена шпонки. В машинах со спокойным характером работы можно применять скользящую посадку листов сердечника на вал, у двигателей, работающих с реверсами,— напряженную посадку и у двигателей, работающих в особо трудных условиях с частыми пусками и резким торможением, — глухую или легкопрессовую посадку.

Иногда удается произвести замену вала без размотки якоря. Для этого надо зажать нажимную шайбу якоря и втулку коллектора дисками и стянуть их между собой шпильками (рис. 110). После этого надо выпрессовать старый вал и на его место запрессовать новый. В машинах с тяжелыми условиями работы, как, например, в крановых двигателях, якорь и коллектор насажены на общую втулку. Это позволяет производить замену вала, даже не пользуясь стяжными шпильками.

Если ремонт связан с размоткой якоря, то необходимо сначала распаять и размотать бандажи или, если обмотка удер-

живается в пазах клиньями, выбить их. Затем следует распаять соединение концов обмотки с петушками коллекторных пластин. Поднимать секции из пазов следует осторожно, чтобы не повредить изоляцию. Для этого применяют фибровый клин с заостренным концом, который забивается между верхней и нижней секциями с торца якоря (рис. 111). После того как верхние стороны секций будут подняты, клин забивают в паз между нижними секциями и его дном. Таким образом, секции могут быть вынуты из пазов. Если секции приклеились к стенкам пазов пропиточным лаком, то необходимо якорь предварительно разогреть до температуры 70—80°.

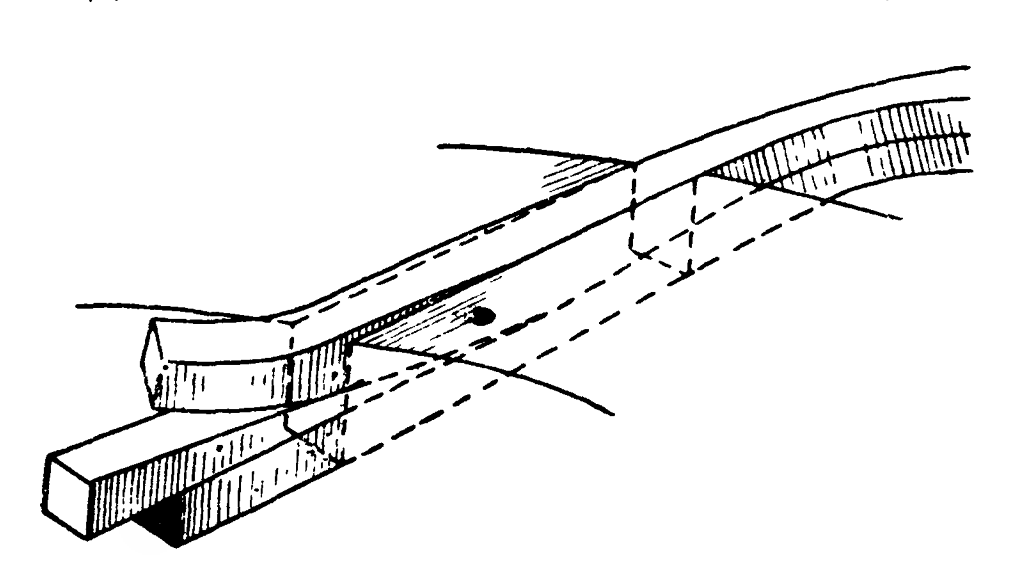


Рис. 111. Выемка секции якоря из паза

При любом ремонте обмотки приходится снимать бандажи и снова бандажировать якорь. Если же якорь поступил в ремонт со снятыми бандажами, то для бандажирования его после ремонта необходимо рассчитать число витков. Диаметр бандажной проволоки выбирается по табл. 11 в зависимости от диаметра якоря.

*Таблица 11*

**Диаметры бандажной проволоки и натяжение при намотке**

| Диаметр якоря, *мм* | Диаметр проволоки, *мм* | Натяжение, *кг* |
|---|---|---|
| До 100 | 0,5 | 12—15 |
| От 101 до 200 | 0,8 | 30—40 |
| » 201 » 400 | 1 | 50—60 |
| » 401 » 600 | 1,2 | 65—80 |
| » 601 » 1000 | 1,5 | 100—120 |
| Свыше 1000 | 2 | 180—200 |

Расчет числа витков ведется отдельно для пазовой части якоря и для лобовых частей. Необходимо произвести расчет на максимальное число оборотов, которое может иметь якорь или ротор при работе машины. Для асинхронных двигателей, генераторов постоянного тока и синхронных машин можно брать $n_{макс} = 1{,}3\ n_{ном}$; для двигателей постоянного тока с параллельным возбуждением $n_{макс} = 1{,}5\ n_{ном}$; для двигателей с последовательным возбуждением $n_{макс} = 3\,n_{ном}$. Номинальное число оборотов $n_{ном}$ обозначается на щитке, прикрепленном к корпусу машины.

Вес обмотки, лежащей в пазах, определяют по формуле

$$G_n = 0{,}012 \cdot a \cdot b \cdot S_n \cdot z \cdot l \ кг,$$

где $a$ и $b$ — размеры сторон прямоугольного провода, *см*;
$S_n$ — общее число проводов в пазу;
$l$ — длина якоря без лобовых частей, *см*;
$z$ — число пазов.

Число витков всех бандажей, намотанных на сердечник якоря,

$$w = 0{,}4 \frac{G_n (D - h_n)}{d_{np}^2 \cdot 1000} \cdot \left(\frac{n_{макс}}{1000}\right)^2,$$

где $D$ — диаметр якоря, *см*;
$h_n$ — глубина паза, *см*;
$d_{np}$ — диаметр бандажной проволоки, *см*.

Вес лобовой части с одной стороны якоря

$$G_л = 0{,}012 \frac{D}{p} a \cdot b \cdot S_n \cdot z \ кг,$$

где $p$ — число пар полюсов.

Подставив этот вес в предыдущую формулу вместо $G_n$, получим число витков бандажа на лобовой части.

Пример. Данные для расчета бандажей генератора:

$D = 620$ *мм*; $z = 56$; $S_n = 4$; $a = 4{,}1$ *мм*; $b = 12{,}5$ *мм*; $2p = 6$; $n_{ном} = 1000$ об/мин; $h_n = 40$ *мм*; $l = 300$ *мм*.

Вес обмотки, лежащей в пазах,

$$G_n = 0{,}012 \times 0{,}41 \times 1{,}25 \times 4 \times 56 \times 30 = 41{,}5 \ кг.$$

Диаметр бандажной проволоки по табл. 11 $d_{np} = 1{,}5$ *мм*.
Общее число витков всех бандажей на сердечнике якоря

$$w = 0{,}4 \frac{41{,}5 (62 - 4)}{0{,}15^2 \times 1000} \cdot \left(\frac{1300}{1000}\right)^2 = 72 \ витка.$$

Вес лобовой части обмотки

$$G_л = 0{,}012 \frac{62}{3} \times 0{,}41 \times 1{,}25 \times 4 \times 56 = 28{,}5 \ кг.$$

Число витков бандажа на каждой лобовой части

$$w = 0{,}4 \frac{28{,}5 (62 - 4)}{0{,}15^2 \times 1000} \cdot \left(\frac{1300}{1000}\right)^2 = 50 \ витков.$$

Бандажировка в обмоточных цехах электромашиностроительных заводов производится на бандажировочных станках, под которые приспосабливают старые токарные станки, оборудованные приспособлениями для натяжения бандажной проволоки. Натяжение выбирается в зависимости от диаметра проволоки по табл. 11. Во время ремонта часто приходится произ-

водить бандажировку без бандажировочного станка. В этих случаях вращение сообщается якорю вручную при помощи рычага с рукоятками, надетого на конец вала. Для натяжения бандажной проволоки применяют различные способы. На рис. 112 показано, как создать натяжение проволоки, обмотав ее несколько раз вокруг пенькового каната, конец которого привязан к неподвижной опоре. Регулируют натяжение закручиванием каната. Для контроля натяжения необходимо конец каната прикрепить к крюку динамометра.

В практике ремонтных работ хорошо зарекомендовал себя так называемый способ «петли», который позволяет создавать заданное натяжение бандажной проволоки и выдерживать его даже при отсутствии динамометра. Этот способ (рис. 113) заключается в следующем. Сначала всю проволоку, из которой должен быть намотан бандаж, наматывают на якорь в местах, свободных от бандажей, с произвольным небольшим натяжением. Затем закрепляют концы проволоки на якоре *1*, оттягивают один виток бандажа в виде петли и заводят в него блок *2* с желобком по окружности. К серьге ролика привязан трос, который перекидывают через два направляющих ролика *3*, и к концу его привязывают груз *4*, создающий натяжение проволоки. После этого начинают вращать якорь и перематывать проволоку на места расположения постоянных бандажей на якоре. Натяжение зависит от величины груза и угла между ветвями бандажной проволоки, который в свою очередь зависит от расстояния $h$ между окружностями якоря и блока, а также от диаметров якоря и блока. С уменьшением расстояния $h$ натяжение проволоки увеличивается.

Для получения требуемого натяжения проволоки $P$ надо выдержать следующие соотношения.

Величина груза $Q = 1{,}95\ P$ *кг*. $P$ выбирают в зависимости от диаметра проволоки по табл. 11.

Максимальное начальное расстояние между окружностями якоря и блока $h = 1{,}1\,D - 21\,d$, где $D$ — диаметр якоря, а $d$ — диаметр блока.

По мере намотки бандажа петля будет удлиняться, поэтому надо предусмотреть достаточно большой ход блока *2*.

Пример. $D = 750$ *мм*; $d = 100$ *мм*; $d_{пр} = 1{,}5$ *мм*; $P = 120$ *кг*.

Определяем величину груза $Q = 1{,}95P = 234$ *кг*. Расстояние $h = 1{,}1 \times 750 - 2 \times 100 = 625$ *мм*. При этом фактический натяг проволоки составит в начале намотки примерно $1{,}02P = 122$ *кг*, а в конце намотки $0{,}97P = 118$ *кг*.

Для того чтобы напряжение от центробежной силы обмотки равномерно распределялось между всеми витками бандажа, необходимо бандаж пропаять по всей окружности якоря. Пайка бандажей производится в процессе их намотки и после нее. При намотке пропаивают начала бандажей и промежуточные скобочки, а после нее — концы бандажей и всю их поверхность.

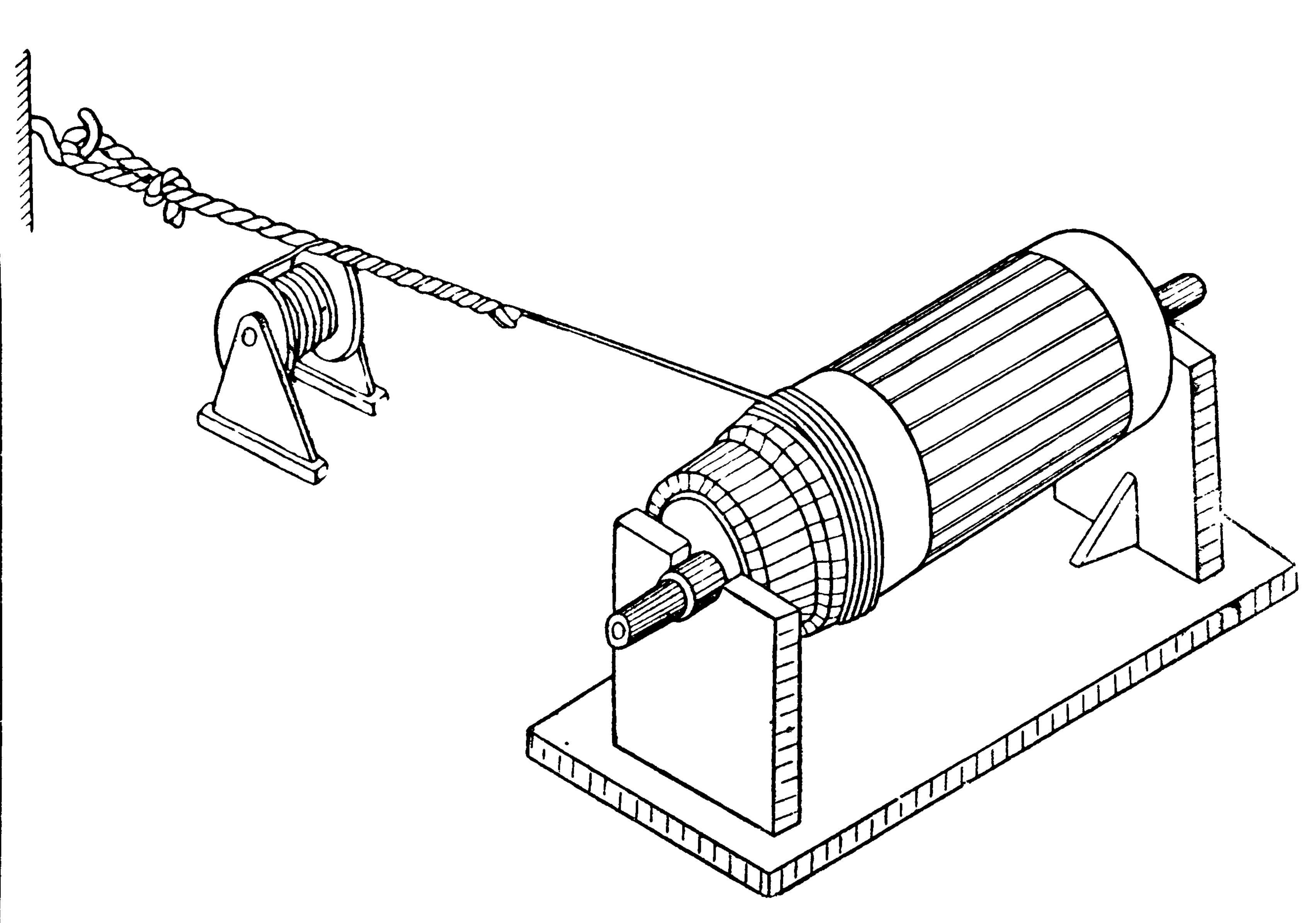


Рис. 112. Натяжение бандажной проволоки

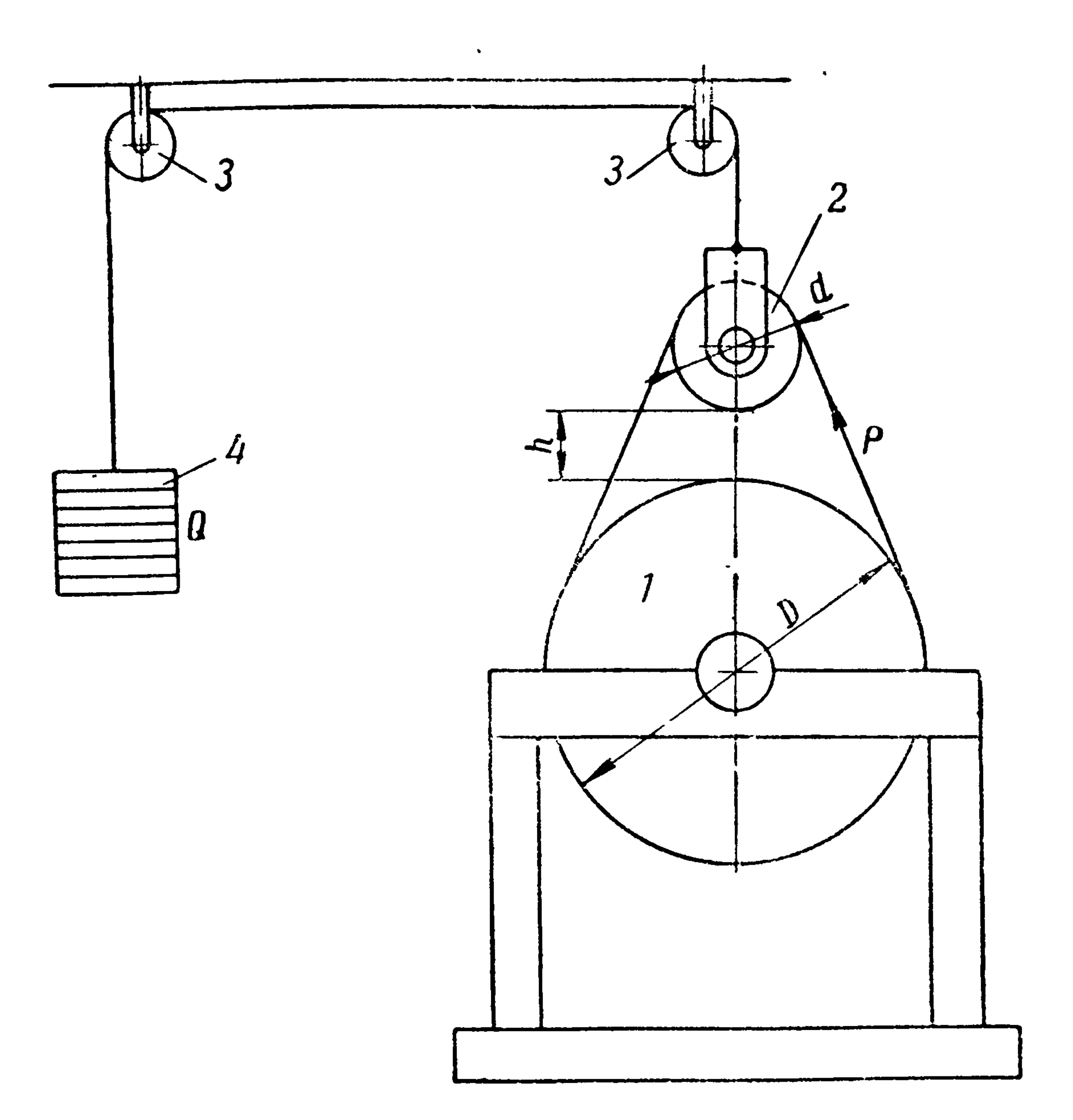



Рис. 113. Натяжение бандажной проволоки по способу «петли»

Пайка производится припоем ПОС-61 при помощи электрического паяльника, который должен быть хорошо прогрет. Ввиду того что якорь имеет большую теплоемкость, паяльник должен выделять много тепла. Для этой цели используют электродуговой паяльник с плоским концом (см. рис. 100).

При пайке бандажей надо следить, чтобы капли припоя не протекали в пазы и в промежутки между лобовыми частями обмотки. Рекомендуется пропаянные места охлаждать струей воздуха для сокращения времени прогревания обмотки. На поверхности бандажа не должно быть больших наплывов припоя, так как они могут задевать за полюса. Поэтому в процессе пайки бандажи протирают тряпкой до того, как припой застынет.

## § 13. РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ

Ремонт коллектора с разборкой производится в следующих случаях: 1) замыкание между смежными коллекторными пластинами, 2) замыкание между коллекторными пластинами и втулкой, 3) замена поврежденных коллекторных пластин, 4) полная замена изношенных пластин.

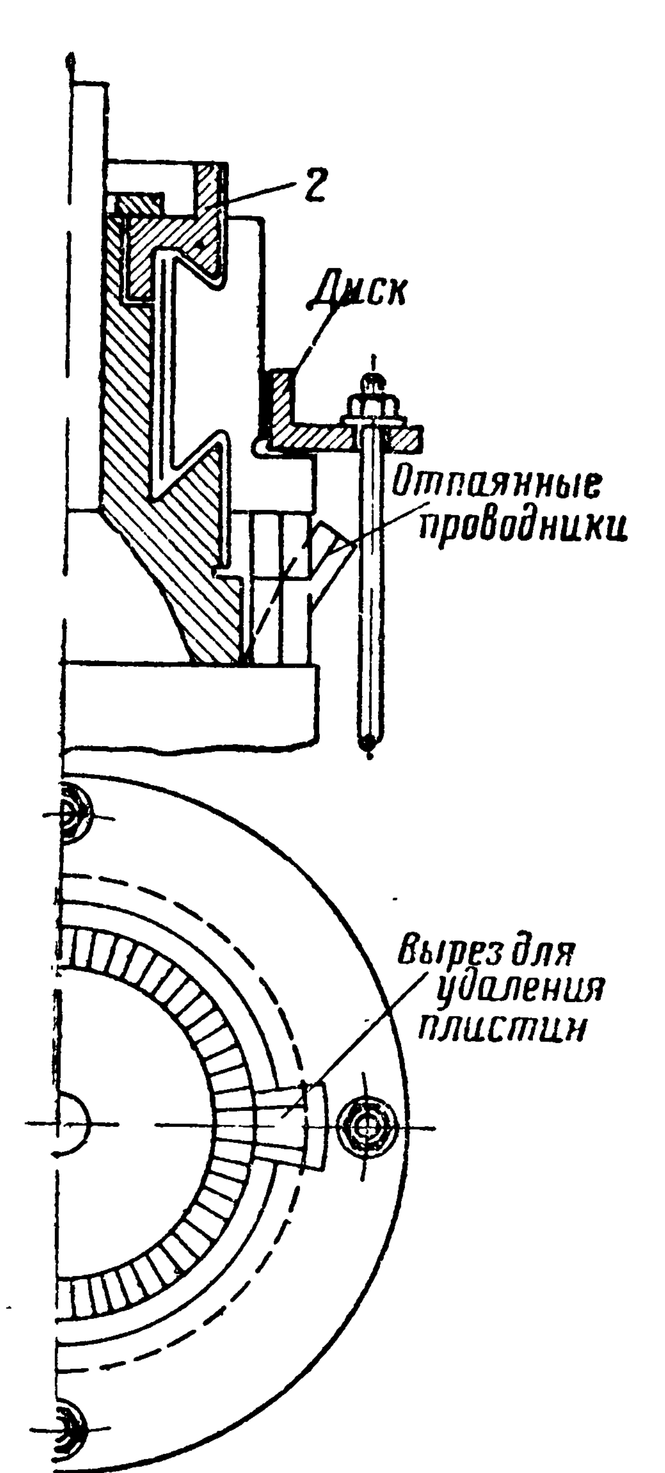



Рис. 114. Приспособление для ремонта коллектора

В первых трех случаях коллектор надо разобрать так, чтобы не нарушить его цилиндрической формы. Поэтому до снятия пластин с втулки коллектор стягивают посредством хомута (рис. 114). Затем отвертывают гайку, сдвигают нажимной конус и осматривают внутреннюю поверхность коллектора для того, чтобы обнаружить место замыкания. Пробивание изоляции между пластинами обычно происходит на внутренней окружности коллектора.

В хомуте имеется вырез, который устанавливается против неисправных пластин. Их отпаивают от проводников обмотки, которые отгибают, как показано на рисунке. После этого слегка ослабляют затяжку хомута, осторожно выбивают поврежденные пластины, которые затем заменяют новыми, выпиленными по образцу вынутых.

Если повреждена миканитовая манжета, то поврежденная часть вырезается, а на ее место в выточку ласточкина хвоста укладывают сегмен-

ты, вырезанные из формовочного миканита и отформованные в горячем состоянии.

По окончании ремонта впаивают проводники обмотки в коллекторные пластины, вдвигают нажимной конус и затягивают гайку коллектора. Затем можно снять хомут.

После ремонта коллектор следует проточить, сняв с него такой слой металла, чтобы все неровности были удалены.

Если необходима полная разборка коллектора, он должен быть отпаян от обмотки и снят с вала. Коллектор снимают с вала при помощи винтового съемника. Посадка на вал после ремонта производится при помощи гидравлического пресса, давление от которого подается на торец втулки коллектора, а не на нажимной конус, который при большом давлении может покоробиться или продавить миканитовую манжету. При отсутствии пресса можно воспользоваться приспособлением, изображенным на рис. 110.

При образовании неровностей на коллекторе крупной машины нецелесообразно производить ее разборку, поэтому протачивают коллектор при вращении якоря в собственных подшипниках. Для этого снимают несколько щеткодержателей и устанавливают переносный суппорт с резцедержателем на фундаментной плите, а якорь вращают приводным двигателем. При проточке коллектора в собранной машине необходимо принять меры предосторожности против попадания стружек в обмотку. Для этого ленточные петушки коллектора надо закрыть парусиновым чехлом, который завязывают лентой на лобовых частях.

Ввиду того что установка приводного двигателя связана с трудностями, были попытки вращать якорь путем подведения к нему напряжения. Таким способом был проточен коллектор диаметром 2550 *мм* прокатного двигателя МП-24 мощностью 7000 *л. с.*[1]. К якорю двигателя было подведено напряжение 45 *в* при ослабленном магнитном поле. Якорь вращался со скоростью 14—15 об/мин. Глубина резания в процессе черновой обточки составляла 0,2 *мм*, а чистовой 0,1 *мм*, подача резца 0,05 *мм/об*. Чтобы избежать подгорания снимаемой стружки, необходимо резец установить точно в геометрической нейтрали, которая у данного двигателя была расположена ниже горизонтального диаметра. При проточке коллектора рабочие щетки были вынуты для предохранения их от повреждения и поставлены временные щетки по одной на каждом пальце щеткодержателей. Резец был изолирован от суппорта двумя гетинаксовыми прокладками, чтобы избежать повреждения коллектора в случае появления в электрической цепи второго замыкания на землю.

Для получения чистой поверхности коллектора угол головки резца должен быть острым, а подача его — механической. После проточки коллектор необходимо продорожить, т. е. углубить

---

[1] Журн. «Энергетик» № 3, 1954.

изоляцию между пластинами на 0,5—0,8 *мм*, для того чтобы выступающая над поверхностью пластин изоляция не могла нарушить контакта между щетками и пластинами коллектора Продороживание производится или на станке фрезой мелкого диаметра (рис. 115), или вручную при помощи пилки, изготовленной из ножовочного полотна (рис. 116). После продороживания не должно оставаться чешуек слюды на боковых сторонах дорожек. Грани коллекторных пластин снимают шабером, а канавки прочищают волосяной щеткой. Затем поверхность коллектора шлифуют на станке посредством деревянной колодки с выемкой по радиусу коллектора, обтянутой мелкой стеклянной бумагой. При шлифовке надо давать станку попеременно прямое или обратное вращение. После этого следует осмотреть поверхности коллектора, прочистить канавки между пластинами и продуть их сжатым воздухом из шланга или мехами.

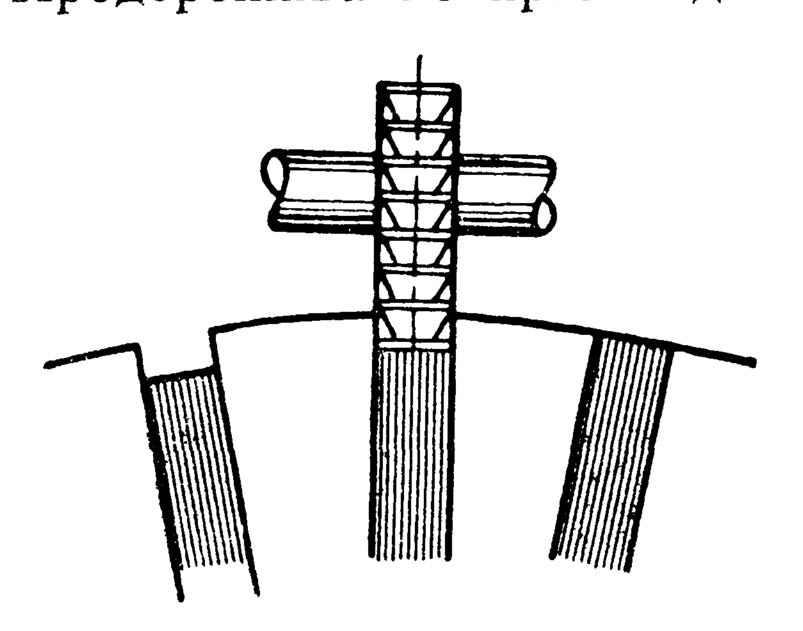


Рис. 115. Фреза для продороживания коллектора

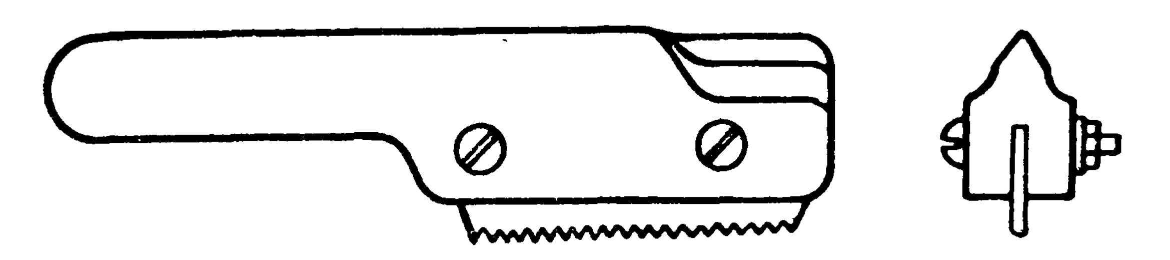


Рис. 116. Пилка для продороживания коллектора

## § 14. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ПОЛЮСОВ

Главные полюса машин постоянного тока собираются из штампованных листов и склепываются заклепками. При этом надо следить, чтобы контуры отдельных листов точно совпадали. Если листы будут располагаться ступенями, то поверхность полюса не может плотно прилегать к расточке станины, что создает дополнительное сопротивление для силовых линий магнитного потока. После сборки полюсов в станине проверяется плотность их прилегания. Щуп толщиной 0,05 *мм* не должен проходить между полюсом и стенкой станины. Кроме того, измерением расстояний между соседними полюсами проверяется перекос полюсов относительно оси. Перекос не должен быть больше 0,5 *мм*. Разность расстояний между противоположными полюсами не должна превышать 10% от величины воздушного зазора машины.

Катушки на полюсах должны сидеть плотно и не качаться, так как это приведет к протиранию изоляции катушки и замыканию ее на корпус. Плотность посадки катушек достигается

установкой изоляционных прокладок между катушкой и сердечником полюса.

Болты, которыми полюса крепятся к станине, должны быть завернуты до отказа. В машинах, подверженных тряске и вибрациям, под головки болтов подкладывают пружинные или звездчатые шайбы. Один из усиков звездчатой шайбы загибается в отверстие, просверленное в станине, а два других — на грани головки болта. Остальные усики остаются запасными на случай, если один из усиков обломится при разборке.

При ослаблении прессовки листов полюса часто наблюдается винтовое смещение отдельных листов и полюс как бы скручивается. Это приводит к изменению расстояний между полюсами и к ухудшению прилегания полюса к станине. Для устранения этого явления надо выправить листы полюса по линейке, расклепать дополнительно заклепки, а затем наварить шов на боковой поверхности сердечника полюса. Чтобы шов не мешал надеванию катушки, надо его поместить в канавке, которая образуется из лунок, выштампованных в листах полюса для правильной укладки их при сборке полюса.

После того как установка полюсов с катушками в станине закончена, пропускают постоянный ток и проверяют правильность чередования полярности полюсов. Она должна соответствовать схеме на рис. 107. Проверка полярности производится для того, чтобы станина с неправильной полярностью не попала на сборку. После окончательной сборки машины исправить этот недостаток будет гораздо труднее, так как придется снова разбирать машину.

## § 15. УСТАНОВКА И РЕМОНТ ТРАВЕРС И ЩЕТКОДЕРЖАТЕЛЕЙ

Из курса электротехники известно, что щетки должны стоять в нейтралях, т. е. на коллекторных пластинах, соединенных с теми проводниками обмотки якоря, которые находятся в данный момент между главными полюсами. Ввиду того что между проводником, лежащим в пазу, и его концом, подведенным к коллекторной пластине, существует сдвиг, равный половине полюсного деления, то практически в машинах с дополнительными полюсами щетки устанавливают по линии главных полюсов (рис. 117). При разборке машины щетки могут быть сдвинуты с правильного положения, что ведет к увеличению искрения на коллекторе. В таких случаях приходится сдвигать траверсу и, следя за искрением щеток, находить ее настоящее положение.

Обычно у каждой машины при выпуске с завода делается красной краской пометка через обод траверсы и головку подшипникового щита. Совпадение пометок на обеих деталях указывает на правильное положение траверсы.

Ремонт траверс может заключаться в восстановлении нару-

шенной изоляции между траверсой и пальцами щеткодержателей или приварке поломанных приливов для крепления пальцев. В последнем случае надо обращать особое внимание на то, чтобы после ремонта не нарушилось равномерное расположение пальцев щеткодержателей по окружности коллектора. Надо проверить также параллельность пальцев пластинам коллектора.

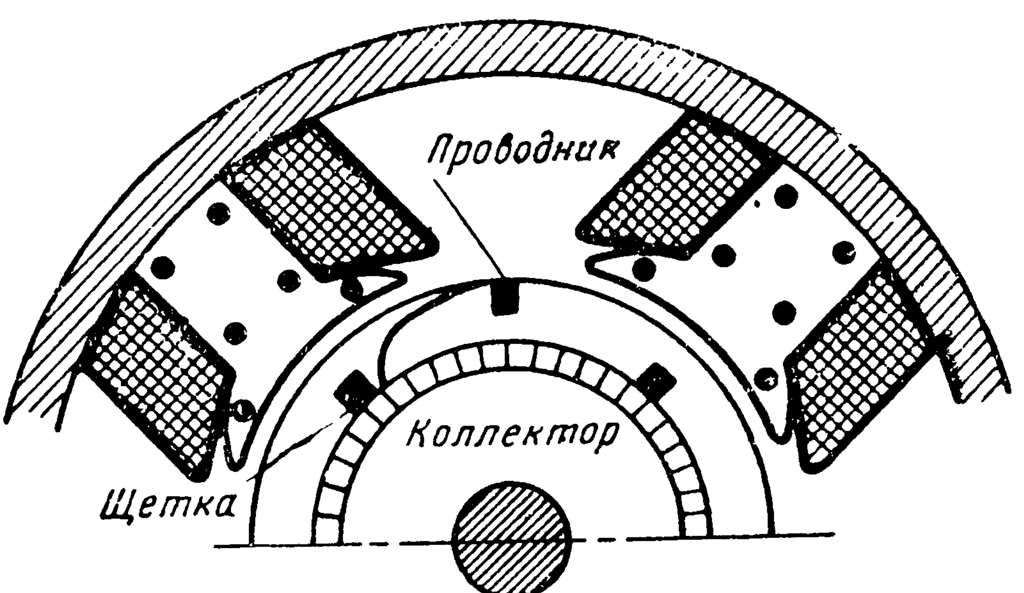



Рис. 117: Положение нейтрали на якоре и на коллекторе

При работе машины происходит срабатывание не только щеток, но и обойм щеткодержателей. Это объясняется тем, что при вращении коллектора щетки вибрируют в обоймах и изна-

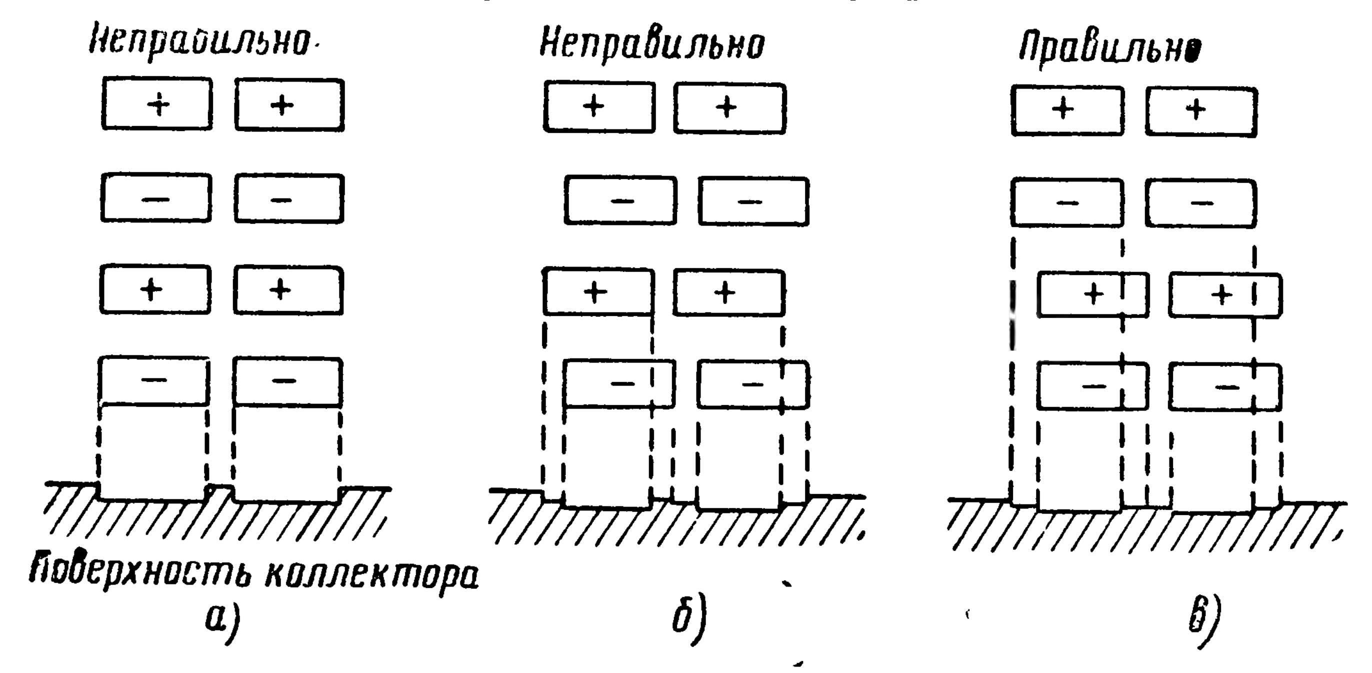



Рис. 118. Расстановка щеток на коллекторе: *а* и *б* — неправильная, *в* — правильная

шивают их. Увеличение зазора между щеткой и обоймой щеткодержателя ведет к перекосу щетки в обойме и нарушению ее контакта с коллектором. Если зазор больше 0,2 *мм*, то обойма щеткодержателя должна быть заменена.

Щеткодержатели крепятся к пальцам при помощи винтов. В корпусе щеткодержателя делается продольная прорезь, чтобы щеткодержатель можно было перестанавливать по высоте. Надо так отрегулировать его положение по высоте, чтобы расстояние между обоймой и коллектором было не более 3 *мм*. После нескольких проточек коллектора надо опустить щеткодержатели,

чтобы это расстояние оставалось неизменным. Закончив сборку траверсы, проверяют положение щеток вдоль пластины коллектора и расстояние между щетками разных пальцев при помощи гибкой стальной рулетки с миллиметровыми делениями.

Износ коллектора в значительной степени зависит от расстановки щеток. На рис. 118, *а* показана расстановка щеток без сдвигов между ними на разных щеточных пальцах. При этом на коллекторе будут вырабатываться глубокие канавки, а между ними оставаться гребешки. На рис. 118, *б* показана расстановка щеток на коллекторе в шахматном порядке. Однако и здесь не будет равномерного срабатывания коллектора, так как положительные щетки больше изнашивают коллектор, чем отрицательные. Это объясняется тем, что при искрении медь коллектора переносится на щетку. Поэтому шахматный способ расстановки щеток, хотя он и встречается в практике, не может быть рекомендован. На рис. 118, *в* показан правильный способ расстановки щеток, при котором на любой кольцевой дорожке коллектора стоит одинаковое количество положительных и отрицательных щеток. При этом обеспечивается более равномерный износ коллектора и проточка его требуется реже.

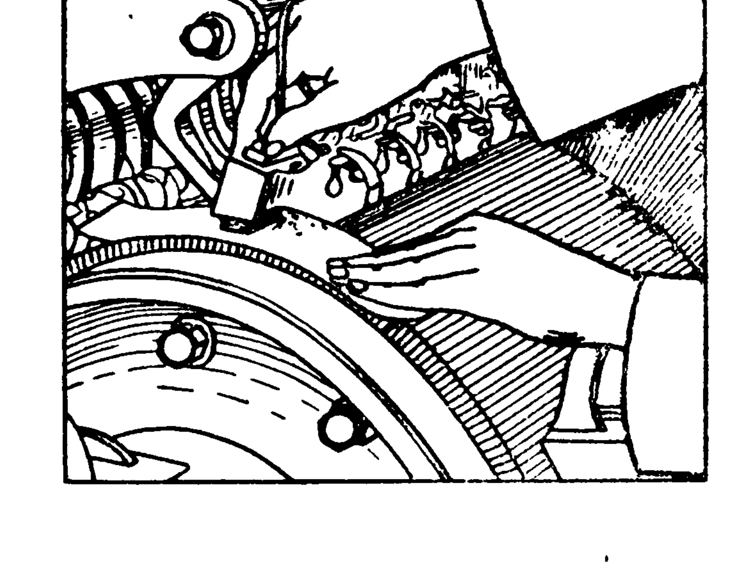


Рис. 119. Притирка щеток стеклянной бумагой

Смену щеток производят по мере их износа. Щеткодержатели имеют ограничители опускания нажимного рычага щеткодержателя. Если в щеткодержателе таких ограничителей нет, то во всяком случае не надо допускать, чтобы верхняя омедненная часть щетки касалась коллектора. При отсутствии готовых запасных щеток их можно выпилить из угольных или графитовых блоков, соответствующих марке щетки. Блок сначала распиливают на части ножовкой с припуском по 1 *мм*, а затем полученные заготовки подгоняют по окончательным размерам с помощью напильников и тонкой стеклянной бумаги.

Прежде чем пустить щетки в работу, надо притереть их к поверхности коллектора, чтобы контактная площадь щетки стала вогнутой. Для этого на коллектор кладут полоску стеклянной бумаги шероховатой стороной кверху, ставят на нее щетку, которая должна прижиматься только давлением пружины щеткодержателя. Притирка заключается в том, что полоску стеклянной бумаги протаскивают под щеткой в ту и другую сторону до тех пор, пока вся поверхность щетки не будет прилегать к коллектору. На рис. 119 показано правильное положение полоски при притирке щетки.

Во время притирки щеток выделяется большое количество

угольной пыли, которая оседает внутри машины. Поэтому после притирки щеток ее надо продуть сжатым воздухом из шланга или ручными мехами. Во избежание запыления двигателя в условиях ремонтных мастерских следует производить притирку щеток на вращающемся, оклеенном стеклянной бумагой барабане. Диаметр его должен быть равен диаметру коллектора. В таком случае в машине проводится только окончательная доводка поверхности щеток. Для притирки щеток применяют также стальные барабаны с мелкой насечкой на цилиндрической поверхности.

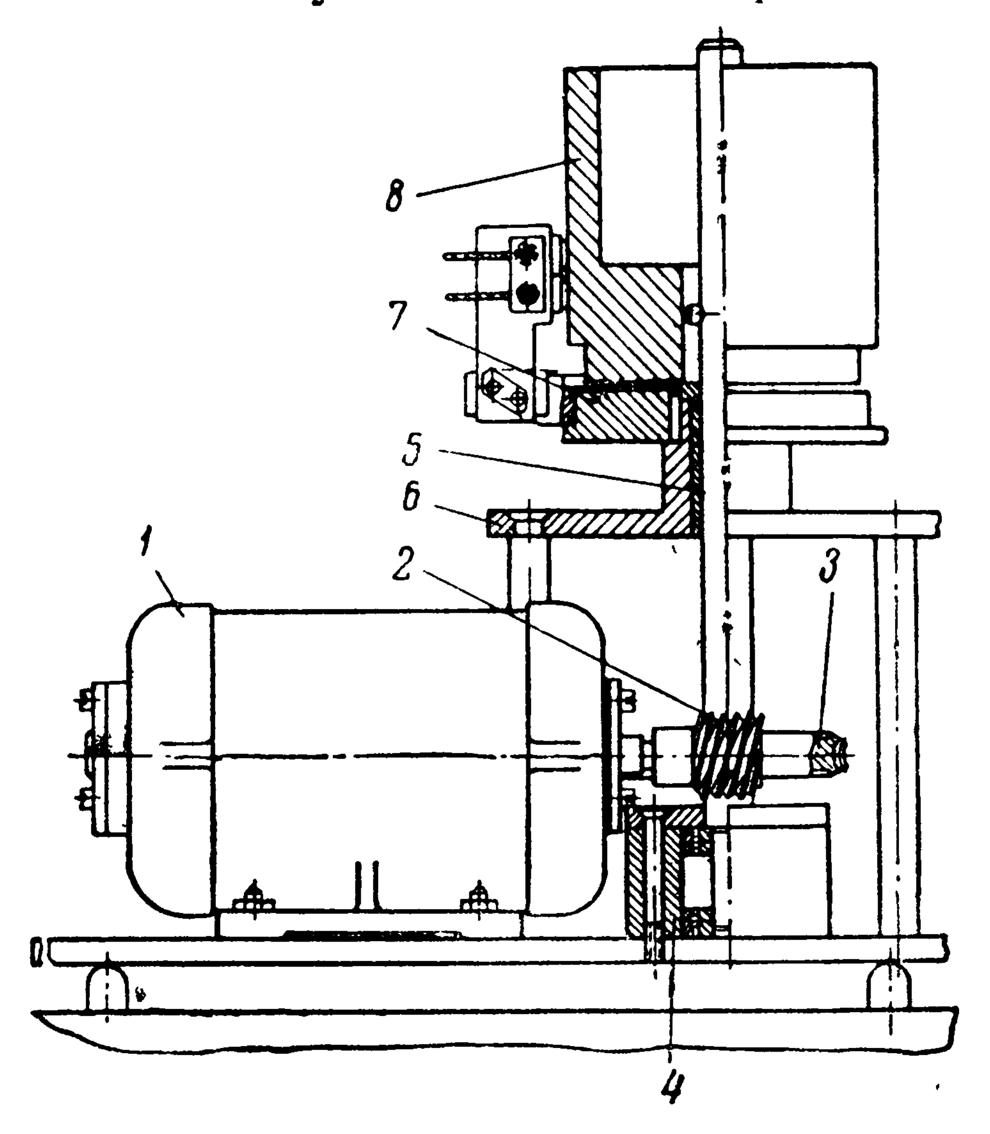



Рис. 120. Приспособление для притирки щеток

На рис. 120 показано приспособление для точной установки щеток и притирки их вне машины. Приспособлением пользуются так. На шейку верхней плиты *6* надевают сменную оправку *7*, на которой устанавливается траверса щеткодержателей. На конец вала *5* надевается сменный барабан, диаметр которого на 1 *мм* меньше диаметра коллектора. На барабане белой краской проведены полосы, число которых равно числу щеток по окружности коллектора. Вдоль этих полос устанавливают края щеток. Вал *5* направляется бронзовой втулкой, запрессованной в плите *6*, и двумя шарикоподшипниками, вставленными в капсулу *4*. После установки щеток обертывают барабан *8* стеклянной бумагой с перекрытием на 30—40 *мм*. Вращение барабану дается от электродвигателя *1* через червячную передачу, состоящую из червяка *2* и червячного колеса *3*, насаженного на вал *5*. При вращении барабана происходит притирка щеток.

## § 16. РАЗБОРКА И СБОРКА МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

В качестве примера здесь приводится процесс разборки и сборки машины постоянного тока серии ПН (рис. 121), которая имеет большое распространение и применяется как в качестве электродвигателя, так и генератора.

Процесс **разборки** производят в такой последовательности.

Отвертывают барашки *3* и снимают крышки коллекторных люков *2*.

Вынимают щетки из обойм щеткодержателей *11*.

Снимают крышку с дощечки выводов *4* и отсоединяют выводные провода от пальцев щеткодержателей *9* и от полюсных катушек *25*.

Отвертывают болты, крепящие капсулы подшипников *17* к подшипниковым щитам *10* и *15*, и снимают соединительные кольца *26*. Делают пометки на подшипниковых щитах *10* и *15* и на станине *13*, чтобы при сборке не поменять местами подшипниковые щиты.

Отвертывают болты *12* и *14* на обеих сторонах станины.

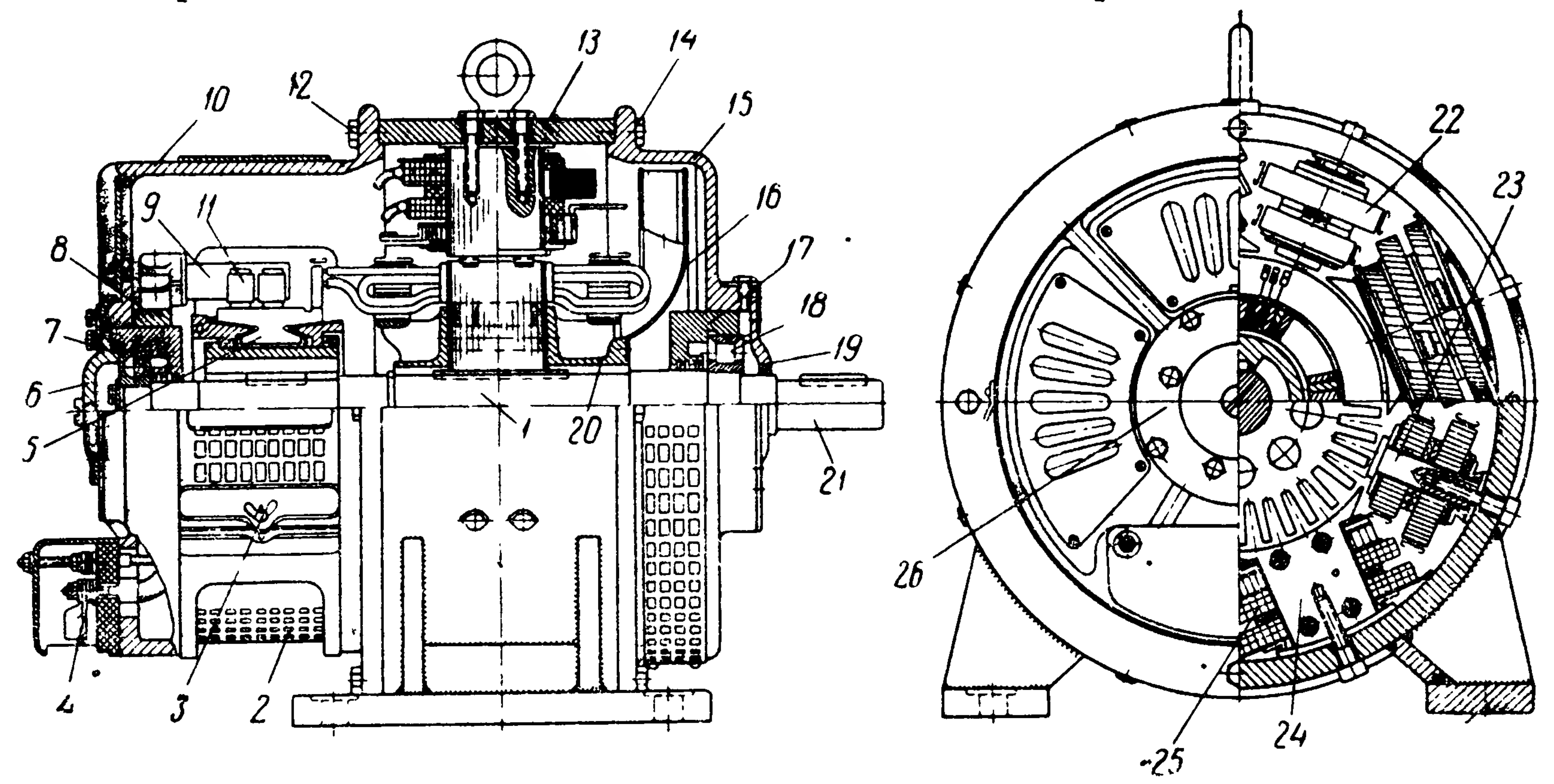



Рис. 121. Машина постоянного тока серии ПН

Пользуясь отжимными болтами (см. рис. 102), отодвигают подшипниковые щиты от станины на половину ширины замка.

Отделяют подшипниковый щит *15* от станины, поддерживая якорь за конец вала *21*, и осторожно опускают якорь на полюса *24*. Отделяют подшипниковый щит *10* от станины.

Снимают подшипниковые щиты *15* и *10* с капсул подшипников *17*.

Отвертывают стопорный винт и снимают траверсу *8* со щеткодержателями с капсулы шарикоподшипника *7*, сделав пометки, чтобы при сборке установить траверсу в прежнем положении. Надо соблюдать осторожность и не поцарапать поверхность коллектора обоймами щеткодержателей.

Приподнимают якорь за конец вала *21* и за капсулу шарикоподшипника *7* и выдвигают его за отверстия станины, не допуская задевания якоря за полюса. Вынутый якорь кладут на верстак, подложив под него чистый лист картона и прокладки для предохранения от перекатывания якоря по верстаку.

Обертывают поверхность коллектора *5* листом чистого картона и завязывают лентой для предохранения от повреждений.

Отвертывают винты и вынимают пальцы щеткодержателей *9* из отверстий в траверсе *8*.

Отвертывают щеткодержатели от пальцев, проверяют давление пружин на щетки и зазоры между щетками и обоймами щеткодержателей.

Снимают крышку шарикоподшипника *6*.

Отвертывают болты, ввернутые в торец вала *1*, и снимают упорную шайбу шарикоподшипника.

Снимают капсулу вместе с шарикоподшипником *7* с вала, пользуясь винтовой стяжкой.

Вынимают шарикоподшипник из капсулы, промывают его в бензине и проверяют легкость вращения, отсутствие шумов и зазор между шариками и кольцами.

Вынимают шпонку из канавки конца вала *21*.

Снимают крышку *19* роликоподшипника *18*.

Снимают капсулу *17* вместе с роликоподшипником *18* с вала, пользуясь винтовой стяжкой.

Вынимают наружное кольцо роликоподшипника из капсулы.

Промывают роликоподшипник в бензине, проверяют легкость вращения, отсутствие шумов и зазоры между кольцами и роликами.

Отвертывают винты и снимают вентилятор *16* с заточки в нажимной шайбе якоря *20*, сделав пометки на диске вентилятора и нажимной шайбе. Это необходимо потому, что если при сборке вентилятор будет повернут в другое положение, то нарушится балансировка якоря.

Зарисовывают схему соединений полюсных катушек и прикрепляют к катушкам бирки с обозначениями согласно схеме. Снимают соединительные провода между катушками.

Отвертывают болты, крепящие дополнительные полюса *23* к станине, и выдвигают полюса с катушками *22*. Записывают на схеме количество прокладок между полюсами и станиной.

Отвертывают болты, крепящие главные полюса *24*, и снимают полюса с катушками *25*, записав на схеме количество прокладок между полюсами и станиной.

Снимают катушки с полюсов, очищают их от грязи и осматривают изоляцию катушек от сердечников полюсов. На катушках и полюсах сделать пометки для сборки машины.

В случае необходимости снятия коллектора с вала пользуются приспособлением, показанным на рис. 122.

П р о ц е с с   с б о р к и выполняется следующим образом. Надевают катушки *25* и *22* на полюса в соответствии с пометками, сделанными при разборке.

Устанавливают главные полюса в станине в соответствии с пометками, сделанными при разборке, и предварительно привертывают полюса к станине, не затягивая болтов до отказа.

Проверяют расстояния между полюсными наконечниками со-

седних полюсов и, сдвигая полюса, добиваются, чтобы расстояния не отличались одно от другого более чем на 2 *мм*. После этого окончательно затягивают болты, крепящие полюса к станине.

Вставляют между главными дополнительные полюса с катушками, регулируют, как было указано выше, расстояния между полюсными наконечниками, после чего окончательно затягивают болты.

Проверяют расстояния между противоположными полюсами при помощи штихмаса.

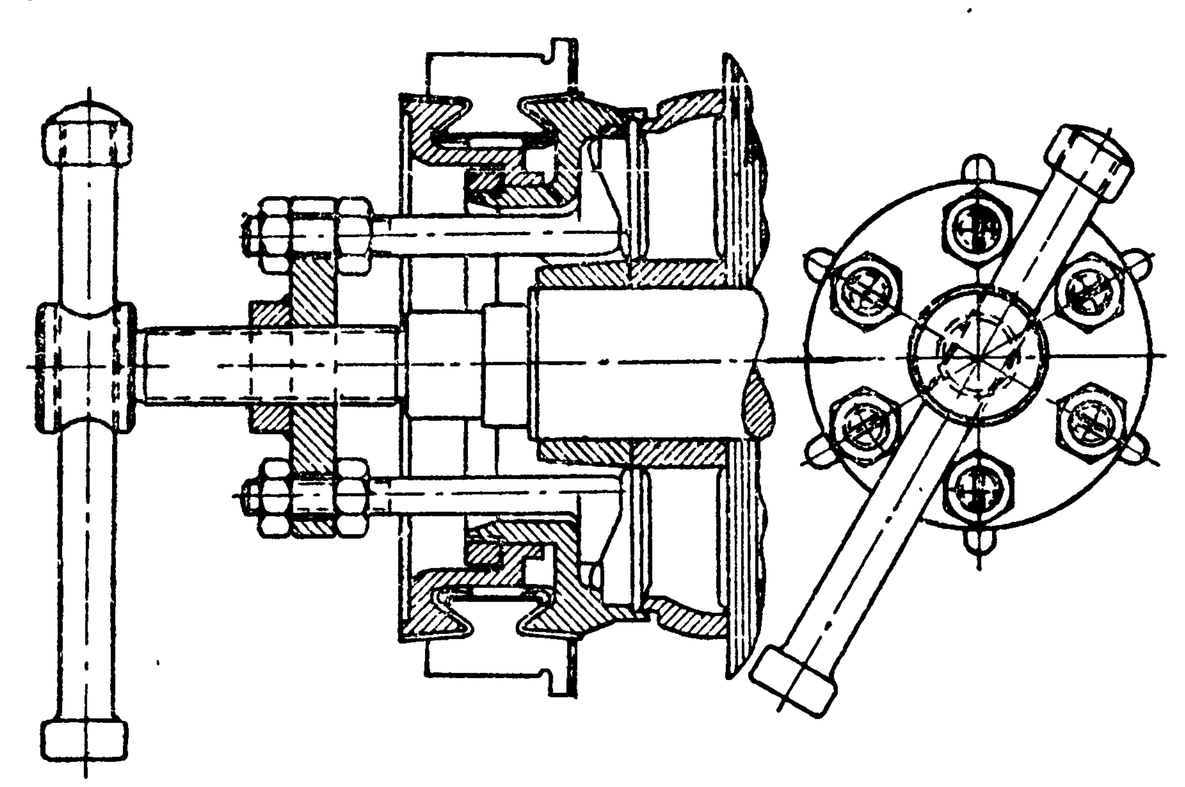


Рис. 122. Приспособление для стягивания коллектора с вала

Устанавливают соединительные провода между катушками согласно схеме.

Подключают выводные концы катушек к аккумуляторной батарее и проверяют компасом правильность чередования полярности главных и дополнительных полюсов.

Привертывают вентилятор *16* к нажимной шайбе якоря *20* и проверяют балансировку якоря. В случае необходимости добавляют балансировочные грузы, прикрепляемые к диску вентилятора.

Промывают капсулы в керосине, а подшипниковые щиты очищают от грязи при помощи тряпки, смоченной керосином. В случае необходимости восстанавливают окраску деталей.

Вставляют подшипники *7* и *18* в капсулы *17*, нагревают в масляной ванне (см. рис. 104) и насаживают на шейки вала.

Закладывают в камеры подшипников свежую консистентную смазку.

Запирают шариковый подшипник *7* на валу шайбой, закрывают крышками *6* и *19*, временно прикрепив крышки к капсулам болтами.

Вставляют якорь в расточку между полюсами так, чтобы коллектор был обращен в сторону переднего подшипникового

щита *10*, и уравнивают торцы пакета якоря с краями главных полюсов.

Снимают защитную полосу картона с коллектора.

Собирают щеткодержатели *11* на щеточных пальцах *9* и закрепляют пальцы в траверсе *8*.

Устанавливают траверсу на капсулу шарикоподшипника *7* согласно пометке, сделанной при разборке, и застопоривают траверсу винтом.

Проверяют расстояния между щеткодержателями отдельных пальцев по окружности коллектора и устанавливают их так, чтобы разница между расстояниями была не более 1 *мм*. Выдерживают расстановку щеток согласно рис. 118, *в*.

Надевают подшипниковые щиты *10* и *15* на капсулы подшипников, приподнимают якорь и вставляют заточки подшипниковых щитов в станину.

Завертывают болты *14* с обоих торцов станины.

Проверяют легкость вращения якоря в подшипниках и отсутствие задеваний вращающихся частей за неподвижные, провертывая якорь рукой за конец вала.

Устанавливают соединительные провода между катушками, щеткодержателями и зажимами.

Опускают щетки на коллектор и притирают их стеклянной бумагой.

Соединяют машину с сетью и дают ей поработать вхолостую в течение 30 мин., после чего проверяют нагрев подшипников.

Вставляют шпонку в канавку конца вала.

Закрывают крышки коллекторных люков и затягивают их барашками *3*.

## § 17. РЕГУЛИРОВКА И ИСПЫТАНИЕ СОБРАННЫХ МАШИН ПОСЛЕ РЕМОНТА

Каждая машина после ремонта должна быть испытана. В процессе испытания осуществляется регулировка отдельных частей машины. Независимо от того, в качестве генератора или двигателя данная машина работает, испытание ее может производиться или генератором или двигателем. Если машина должна работать в качестве генератора, то при испытании необходим первичный двигатель, скорость вращения которого хотя бы приблизительно соответствовала скорости вращения испытываемой машины.

Перед пуском машины необходимо провести тщательный внешний осмотр и убедиться, что все детали поставлены на место и правильно укреплены, выводные проводники соединены согласно схеме и в машине не оставлено никаких посторонних предметов. После этого машине дается пробный пробег в течение часа сначала с половинной, а затем с номинальной скоро-

стью вращения. В процессе обкатки машины надо все время внимательно наблюдать, не послышались ли какие-либо шумы или стуки, не появился ли дым от перегретых обмоток и запах горелой изоляции. Необходимо также следить за температурой корпусов подшипников.

Для проверки электрических данных машины надо снять характеристику холостого хода. При этом ток возбуждения начинают понижать и для каждого значения замеряют напряжение на зажимах. Все показания приборов записывают.

Испытание механической прочности бандажей и других вращающихся частей осуществляют при повышенном на 20% числе оборотов машины. Испытание витковой изоляции проводят при повышении напряжения на 30% выше номинального. Затем следует проверить работу машины под нагрузкой на реостат при токе, равном номинальному, и в течение 15 сек. при полуторном токе.

---

## Глава XI

# РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ

## § 1. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

По аналогии с электрическими машинами неисправности трансформаторов можно разделить на три группы: механические, электрические и магнитные.

К механическим неисправностям относятся: загрязнение поверхностей бака и крышки, вмятины и пробои стенок бака и расширителя, повреждения фарфоровых изоляторов и заливочной массы, течь масла через уплотнения, краны и швы бака и расширителя, треснувшее стекло маслоуказателя. Путем взятия проб масла могут быть обнаружены: неправильные указания маслоуказателя, загрязнение масла в баке, засорение масляных каналов между баком и расширителем. При разборке трансформатора обнаруживаются следующие механические неисправности: ржавчина на внутренних стенках бака и крышки, повреждение уплотнительной прокладки между баком и крышкой, повреждение дощечки и контактов переключателей, механические повреждения обмоток.

Электрическими неисправностями являются: пониженное сопротивление изоляции, пробой изоляции между соседними витками, пробой изолирующей шайбы между соседними секциями, пробой изоляционного цилиндра между обмотками *ВН* и *НН*, пробой конечных изолирующих прокладок между торцами обмотки и ярмом, пробой слоя масла между токоведущей частью и стенкой бака. Обычно всякое повреждение изоляции ведет к выгоранию части обмотки, требующему ремонта трансформатора.

Магнитные неисправности могут заключаться в следующем: искривления и забоины на листах магнитопровода, частичное или общее нарушение изоляции между листами, ослабление прессовки стержней или ярем, нарушение изоляции прессующих шпилек, перекосы и повреждения прессующих элементов магнитопровода и «пожар в железе» вследствие резко возросших потерь в активном магнитопроводе. Некоторые из этих неисправ-

ностей могут быть устранены после поднятия выемной части из бака, но в большинстве случаев при неисправностях магнитопровода приходится снимать обмотки и производить полную разборку шихтованных стержней и ярем.

Надежность работы трансформатора зависит от его технического состояния, от выполнения всех видов профилактических осмотров и ревизий, также от качества произведенных ремонтов. Система планово-предупредительного ремонта трансформаторов предусматривает два вида ремонтов: а) текущий ремонт без выемки из бака выемной части, производимый в зависимости от условий эксплуатации в соответствии с местными инструкциями, но не реже одного раза в год, и б) капитальный ремонт, который осуществляют раз в 5—10 лет в зависимости от результатов измерений и осмотров.

В содержание текущего ремонта входит:

1) наружный осмотр трансформатора и всей арматуры и устранение обнаруженных дефектов;

2) спуск грязи из расширителя;

3) доливка масла (в случае необходимости);

4) проверка маслоуказательных устройств;

5) проверка спускного крана и уплотнений, подтяжка болтов;

6) проверка пробивных предохранителей у трансформаторов с незаземленным нулем с низкой стороны;

7) проверка состояния рабочего и защитного заземлений;

8) осмотр и чистка охлаждающих устройств;

9) проверка сопротивления изоляции;

10) испытание трансформаторного масла;

11) проверка газовой защиты.

В содержание капитального ремонта входит:

1) вскрытие трансформатора, подъем сердечника и осмотр;

2) ремонт выемной части (магнитопровода, обмоток, переключателей, отводов);

3) ремонт крышки, расширителя, выхлопной трубы, радиаторов, кранов, изоляторов;

4) ремонт охлаждающих и маслоочистительных устройств;

5) чистка и в случае необходимости окраска кожуха;

6) проверка контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств;

7) очистка и замена масла;

8) сушка изоляции (в случае необходимости);

9) сборка трансформатора;

10) ремонт и испытание оборудования первичной коммутации (кабелей, изоляторов, выключателей и пр.) повышенным напряжением;

11) проведение установленных измерений и испытаний трансформатора.

В некоторых случаях в зависимости от местных условий капитальный ремонт с выемкой сердечника следует производить ранее установленных сроков. Например, если трансформатор часто подвергается коротким замыканиям, то вследствие динамических усилий возможно смещение обмоток, выпадение прокладок и т. п. При своевременном вскрытии и устранении этих дефектов можно предотвратить аварию. К вскрытию трансформатора раньше установленного срока иногда приходится прибегать, если анализы масла указывают на ненормальную работу трансформатора. Наоборот, при малой нагрузке, отсутствии перегрузок и коротких замыканий могут быть допущены более длительные сроки между капитальными ремонтами.

Новаторы производства применяют различные методы выполнения операций по текущей эксплуатации и ремонту трансформаторов, благодаря которым уменьшается время ремонта и отпадает необходимость разборки трансформатора с подъемом выемной части.

Например, в электросети Воронежского энергокомбината[1] производят доливку масла в баки трансформаторов и масляных выключателей, не отключая их от сети. На рис. 123 показана установка для доливки масла в бак трансформатора под напряжением. Для этого к дыхательной трубе *2* расширителя при помощи переходной муфты *3* присоединяют металлическую трубку *4*, собранную из отдельных звеньев, и открывают заглушку расширителя *1*. Нижний конец трубки *4* при помощи резинового шланга соединен с бачком *7* емкостью в 20 *л* в нижней его части. Бачок имеет масломерное стекло для наблюдения за уровнем масла в нем. В крышке бачка имеется штуцер, в который ввинчен шланг от автомобильного насоса *8*. Закрыв кран *6*, накачивают воздух в верхнюю часть бачка, и после открытия крана *5* масло под давлением подается в расширитель трансформатора. За наполнением расширителя наблюдают по указателю уровня масла, установленному на расширителе. Когда из бачка выкачено все масло, закрывают кран *5*, выпускают воздух из бачка через кран *6* и снова наполняют бачок маслом. После окончания доливки масла открывают краны *5* и *6* и масло из трубки *4* сливается обратно в бачок. Остается разъединить трубку *4* от дыхательной трубы расширителя, навинтить на нее колпачок с сеткой и закрыть заглушкой отверстие в верхней части расширителя. Если при заливке масла уровень его в масломерной трубке расширителя не поднимается, то это указывает на закупорку трубки масломерного стекла. В таком случае заливку надо прекратить, снять и прочистить трубки масломерного стекла.

---

[1] Журн. «Энергетик» № 6, 1957.

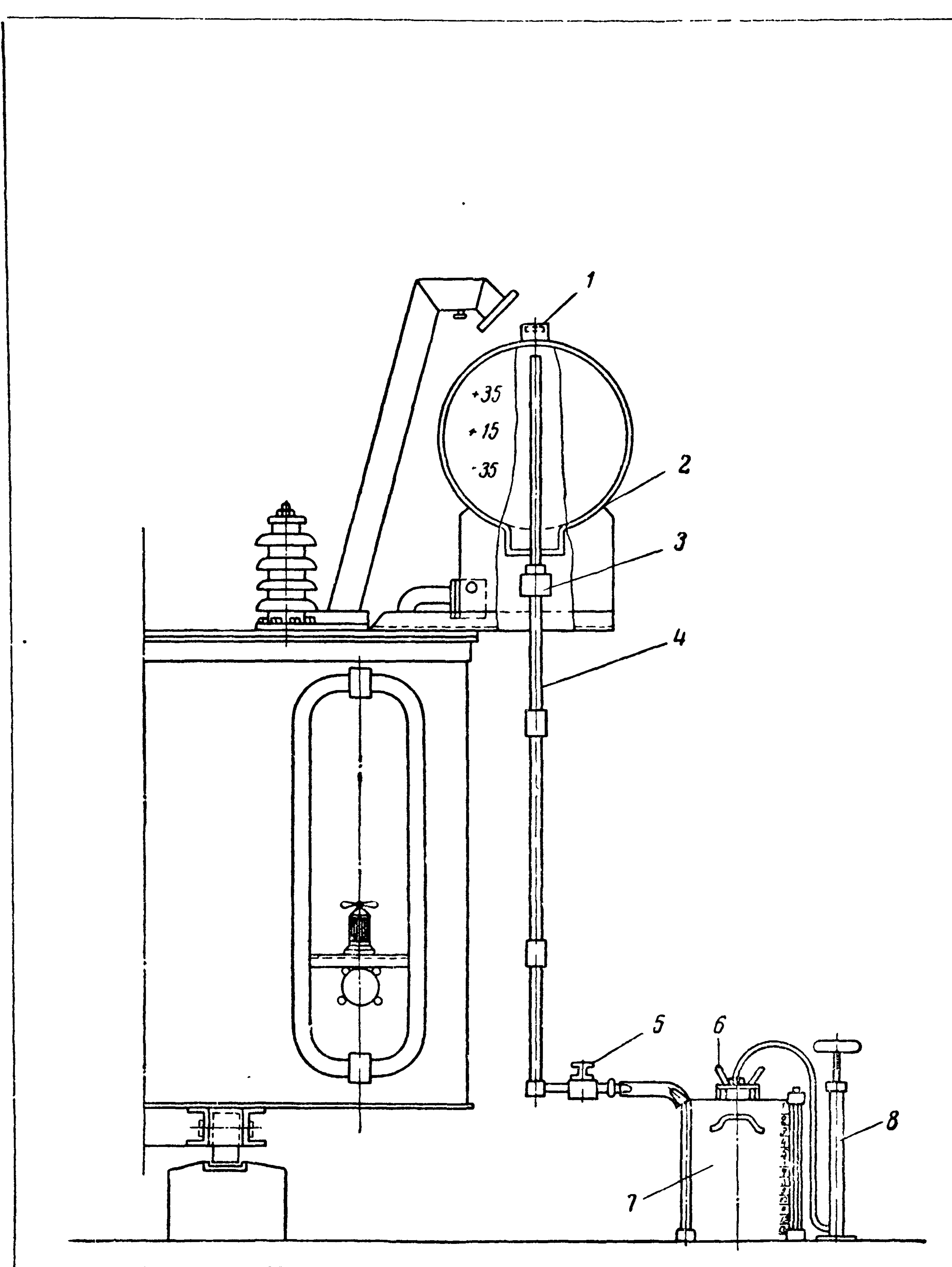



Рис. 123. Установка для доливки в трансформатор масла под напряжением

## § 2. РАЗБОРКА ТРАНСФОРМАТОРА

Периодические ревизии трансформаторов, проводимые в установленные правилами технической эксплуатации сроки, и ремонты требуют поднятия выемной части из бака. До вывода трансформатора в ремонт на основе записей о недостатках в работе трансформатора, которые имеются в актах эксплуатационных осмотров, и на основании общего состояния данного трансформатора составляют техническую ведомость ремонта, содержащую перечень неисправностей. По технической ведомости подготовляют материалы, инструменты и приспособления, требуемые при ремонте.

Трансформатор отключают от сети и производят его осмотр для выявления тех дефектов, которые не могли быть обнаружены при осмотре включенного трансформатора. При этом рукой на ощупь проверяют нагрев контактов на изоляторах, трансформатор осматривают со всех сторон для выявления мест течи масла. Затем его отсоединяют от ошиновки и мегомметром измеряют горячее сопротивление изоляции обмоток. После этого трансформатор доставляют к месту ремонта.

Перед разборкой наружная поверхность трансформатора должна быть тщательно очищена. Для чистки применяют сухие чистые обтирочные концы. Пыль с изоляторов удаляют протиркой сухой тряпкой. Пятна краски и темный налет стирают с фарфора тряпкой, смоченной в бензине, после чего изолятор насухо вытирают чистой тряпкой. На поверхности бака, крышки и расширителя не должно оставаться следов пыли и грязи. После чистки всю наружную поверхность трансформатора протирают тряпкой, смоченной в трансформаторном масле.

Перед разбалчиванием крышки из трансформатора спускают масло. Для этого пользуются спускным краном, расположенным в нижней части бака. Масло спускают в чистую посуду; при этом необходимо предохранять масло от попадания воды, которая сильно снижает его изоляционные свойства.

После спуска масла отвертывают болты, прижимающие крышку к баку. Вскрытие трансформатора должно производиться в помещении с относительной влажностью воздуха 50—60% и в сухую погоду. При необходимости вскрыть трансформатор в дождливую или туманную погоду в закрытом помещении создается температура на 10° выше, чем температура наружного воздуха.

Вынув активную часть, очищают ее от грязи и парафиновых отложений. Очистка состоит в промывке чистым сухим трансформаторным маслом из гидропульта над специально устроенным баком. Обмотки и сталь активного сердечника очищают мягкой кистью, смоченной трансформаторным маслом, а каналы и уступы — палочкой, покрытой масляной тряпкой. Применение «концов» не допускается, так как от них остаются ворсинки.

После очистки и просушки обмоток производят их наружный осмотр. Потемневшие места на катушках свидетельствуют о подгорании изоляции вследствие пробоя или междувиткового замыкания. Качество изоляции у каждого поступившего в ремонт трансформатора проверяют мегомметром на напряжение 1000 *в* по схеме на рис. 124.

Одновременно с ревизией активной части производят осмотр и ремонт бака и его арматуры. Основной неисправностью бака является течь масла в местах сварки и уплотнений. Неплотности в стенках баков необходимо заварить. Заварку трубчатых баков производят электродуговой сваркой, а ребристых баков — газовой сваркой. Для проверки плотности швов их покрывают мелом, а с противоположной стороны против мест сварки стенки смачивают керосином. При недоброкачественной сварке керосин проникает через неплотности и поверхность мела темнеет. Ржавчина со стенок бака должна быть удалена металлическими скребками.

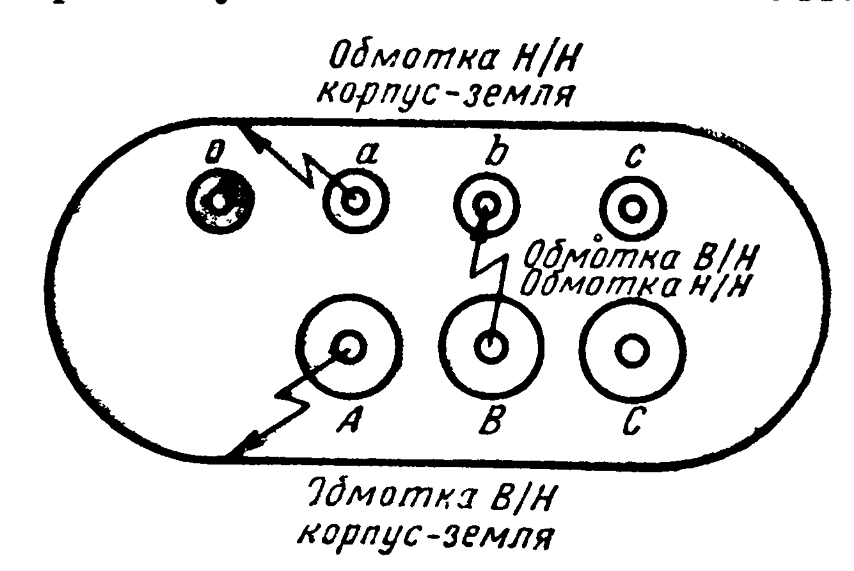



Рис. 124. Схема испытания изоляции трансформатора

При появлении течи в радиаторе или в швах бака трансформатор демонтируют и отправляют в ремонт с выемкой активной части. Это требует больших затрат, а при отсутствии резервного трансформатора вызывает простои оборудования.

В электроцехе «Ростовэнергоремонт» заварка баков и радиаторов мощных трансформаторов производится на месте их установки с минимальными затратами [1]. Для этого трансформатор отключают от шин подстанции со стороны низшего и высшего напряжений, а в трехобмоточных трансформаторах и от среднего напряжения; отключают также газовую защиту. Затем полностью открывают верхние и нижние краны радиаторов и сливают масло из радиаторов, расширителя и бака с таким расчетом, чтобы уровень масла был на 180—200 *мм* ниже края трещины в баке.

На расстоянии 3—4 *м* от трансформатора (рис. 125) устанавливают баллон *1* с углекислым газом ($CO_2$) и при помощи резинового шланга соединяют его с нижним краном *2* бака трансформатора. Углекислым газом заполняют трансформатор для предотвращения воспламенения масляных паров при сварке. Заполнение верхней части бака, радиаторов и расширителя производят медленно, контролируя заполнение смоченной в воде лакмусовой бумажкой, которую подносят к дыхательной трубе

---

[1] Журн. «Энергетик» № 10, 1958.

расширителя, или газоанализатором. По заполнении бака давление газа снижают, но не прекращают его подачу в небольшом количестве в течение всей сварки. Затем подготовляют места сварки и ведут процесс сварки по обычной технологии. Заварку трещин бака производят электросваркой электродами ОММ-5 или ЦЭ-7. Применение газовой сварки бака не рекомендуется, так как она сопровождается сильным нагревом стенок бака. Это может повести к повреждению изоляционных деталей, находящихся вблизи стенки бака. Газовая сварка применяется для заварки радиаторов.

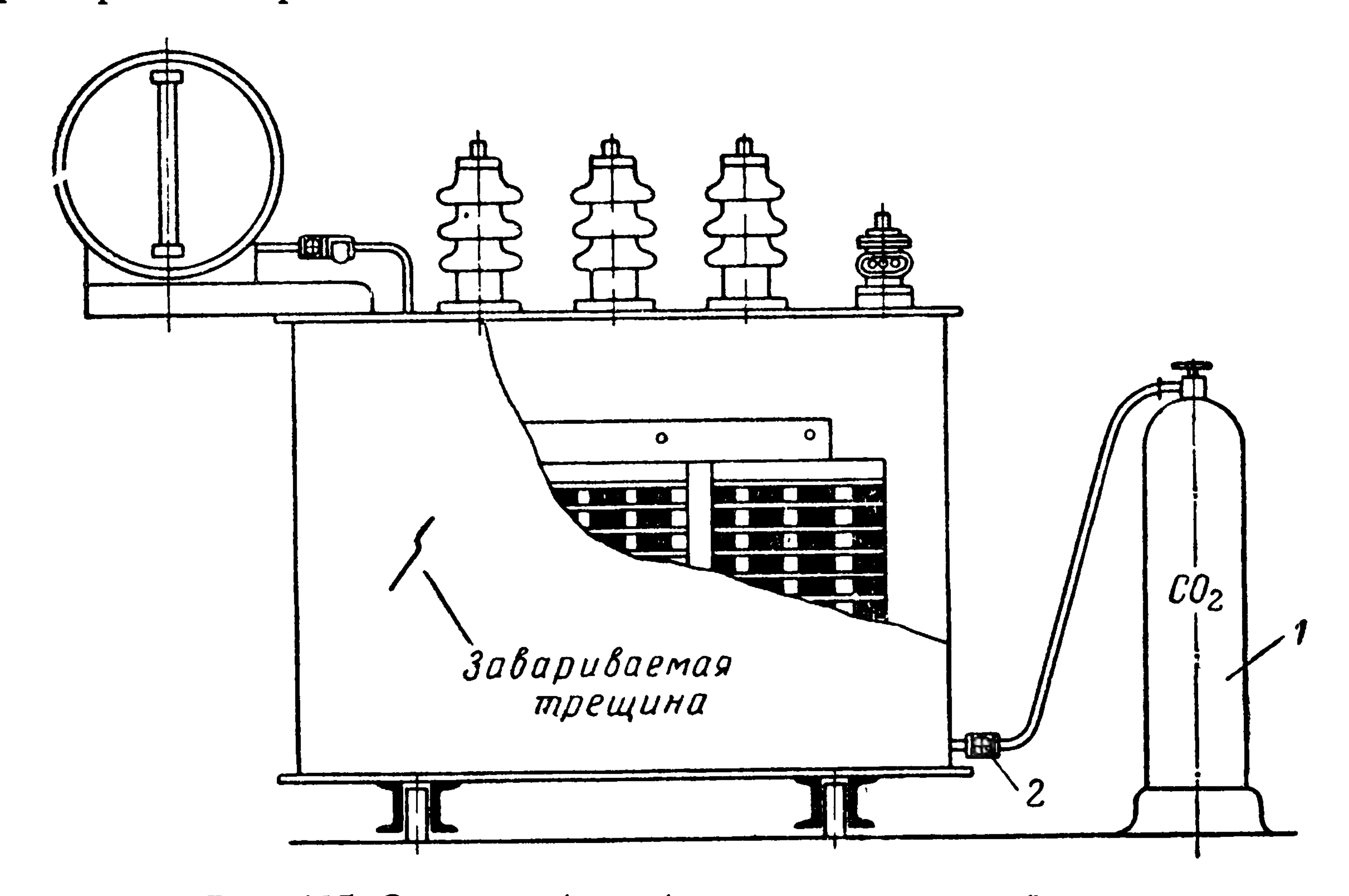



Рис. 125. Заварка бака без выемки активной части

По окончании заварки отсоединяют шланг от нижнего крана бака, подсоединяют маслопровод и заполняют трансформатор маслом. При ремонте по указанной технологии не наблюдается отрицательного влияния углекислого газа на физические и химические свойства трансформаторного масла.

На одной из подстанций «Ростовэнерго» без выемки активной части была выправлена вмятина в баке трансформатора ТМТ-15000/110 глубиной 140 *мм* при толщине стенки бака 12 *мм*. Для этого часть масла слили так, что уровень масла стал ниже нижней кромки вмятины на 200 *мм*. Освободившийся объем был заполнен углекислым газом через нижний спускной кран бака.

В центре вмятины электросваркой приварили гайку *1* с резьбой М-32 и высотой 48 *мм* (рис. 126). К стенке бака приставили сваренные швеллеры *2*, между которыми проходила шпилька *3* (М-32) с навернутой на нее гайкой. Для выправки вмятины всю ее поверхность нагрели керосиновой форсункой до температуры 600—650°. Путем навертывания гайки на конец шпильки вогнутая часть стенки бака была выправлена. После выправле-

ния трансформатор залили маслом, а углекислый газ выпустили через отверстия в заглушках люков на крышке бака. При этом не потребовалась сушка трансформатора, так как в процессе ремонта обмотки трансформатора оставались в масле.

Ремонт расширителя обычно ограничивается исправлением маслоуказателя, проверкой уплотнений и прочисткой каналов, соединяющих расширитель с баком. Масло из расширителя надо сливать через нижнее отверстие расширителя, а не через спускной кран бака, так как масло в расширителе более грязное и влажное. Отверстия в каналах между расширителем и масло-

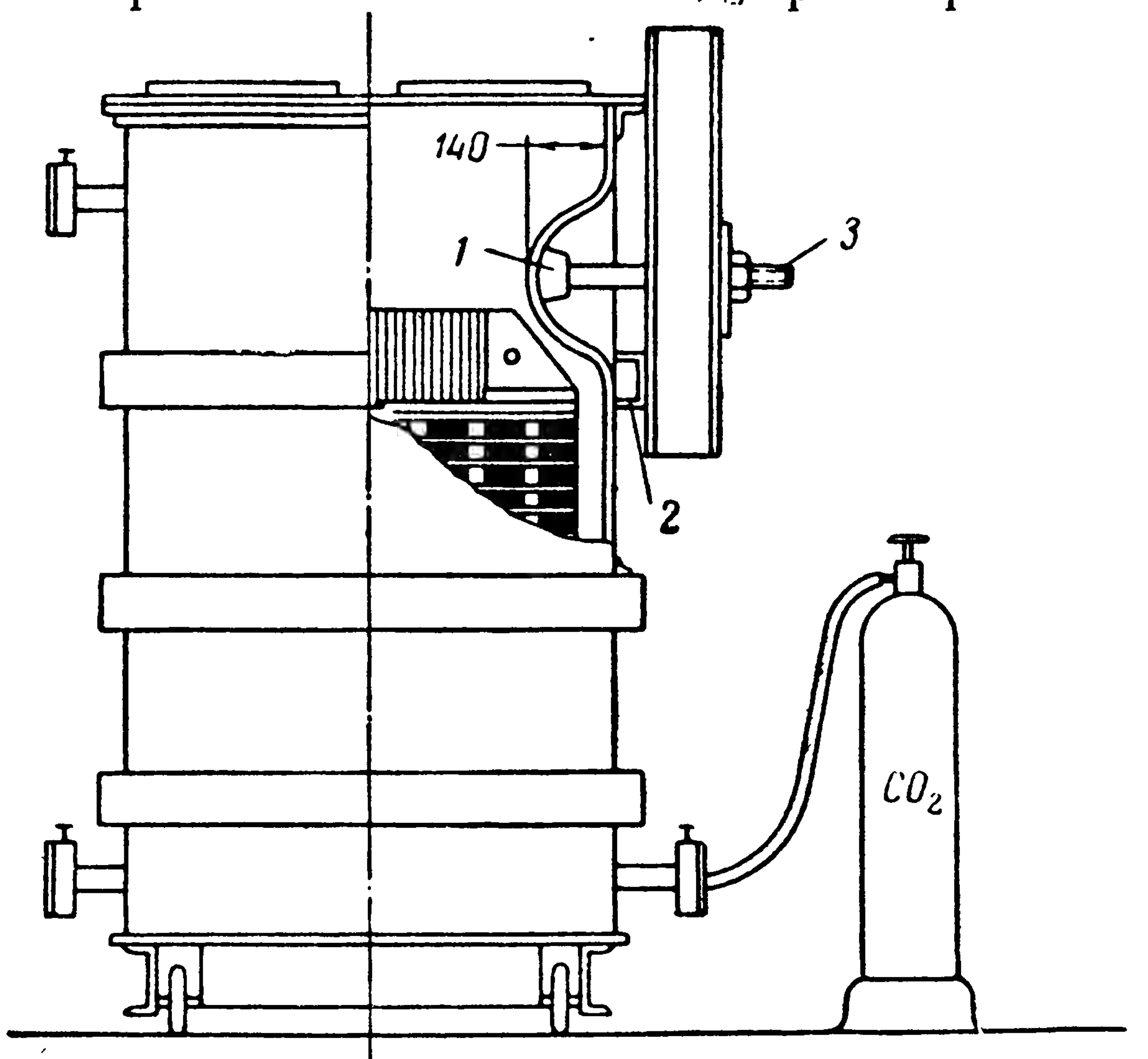



Рис. 126. Правка бака без выемки активной части

указателем должны быть прочищены тонкой проволокой, так как засорение этих отверстий приводит к неправильной работе маслоуказателя. После прочистки каналы промывают маслом и продувают. Если стекло в маслоуказателе имеет трещину, то при ремонте его надо заменить новым. Для удаления ржавчины с внутренних стенок расширителя в дне вырезают отверстие, которое после чистки заваривают.

## § 3. РЕМОНТ МАГНИТОПРОВОДА

Ремонт магнитопровода производится в случае частичного или полного нарушения изоляции листов, нарушения изоляции стяжных шпилек или выгорания части листов вследствие «пожара в железе».

Изоляция листов со временем подвергается естественному старению, что приводит к замыканию между соседними листами.

Магнитные потери зависят от толщины листа и поэтому при замыкании двух соседних листов потери возрастают. Нагрев в одной части магнитопровода быстро распространяется, трансформатор с поврежденной изоляцией должен быть сдан в ремонт.

Для разборки магнитопровода надо вынуть шпильки, прессующие верхнее ярмо. С этой целью отвинчивают гайку на первой шпильке с одной стороны и вытаскивают ее с другой стороны, захватывая за гайку при помощи плоскогубцев. Затем со шпильки снимают изоляционную трубку и снова ставят шпильку на место. Так же поступают со второй шпилькой. Их удаляют только после того, как будет вынута последняя изолированная шпилька. После этого можно приступить к разборке верхнего ярма. Перед началом разборки магнитопровода надо составить эскиз расположения ступеней и их размеров. Снимать эскизы с трансформаторов отечественного производства при наличии подробных заводских чертежей не нужно.

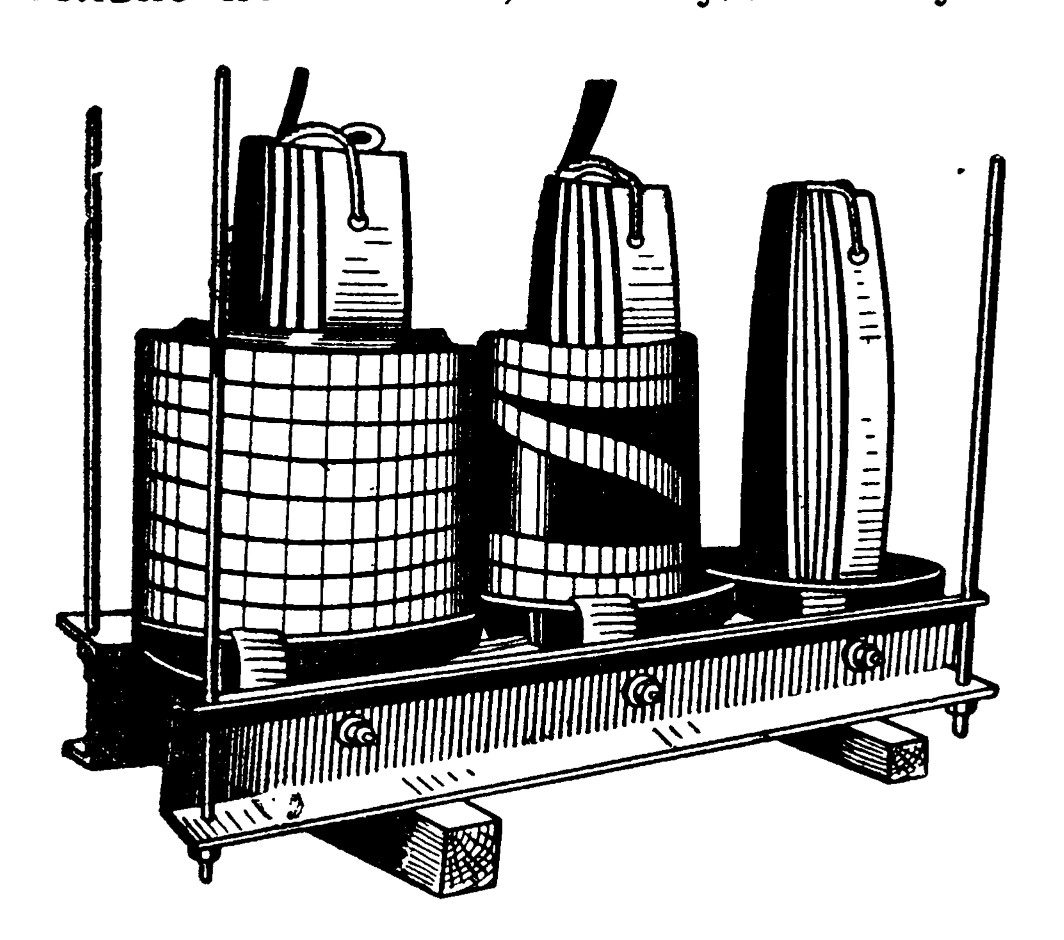


Рис. 127. Стягивание стержней лентой

Листы вынимают осторожно при помощи плоскогубцев, на губки которых накладывают картон, чтобы не повредить изоляцию листов. Листы ярма должны укладываться на козлы в горизонтальном положении в таком же порядке, в каком они находились в магнитопроводе. Те листы, на которых повреждена изоляция, вынимают и на их место вкладывают прокладки из картона с пометками о числе вынутых листов. После расшихтовки верхнего ярма снимают ярмовую изоляцию. Затем снимают катушки со стержней. Во избежание повреждения катушек листами стержней, последние связывают лентой через отверстия для стяжных шпилек (рис. 127). Местные повреждения изоляции листов удается обнаружить путем проведения режима холостого хода перед разборкой вынутой из бака выемной части. Места магнитопровода с поврежденной изоляцией узнают по увеличенному нагреву. Расшихтовку стержней и нижнего ярма производят в таком же порядке, как и верхнего. В отверстия пропускают контрольные шпильки, ввернутые в прессующие балки. При замене листов необходимо выдерживать ту же толщину и марку электротехнической стали.

В трансформаторах листы изолируют как при помощи лаковой пленки, так и оклейкой бумагой.

Неисправность изоляции на листах можно определить по следующим признакам: изоляция слабо держится на листе, отпадает при легком соскабливании и лопается при небольшом изгибе листа; коричневый цвет лаковой изоляции превращается в черный. Перед нанесением новой изоляции надо очистить поверхность листов от старой изоляции, а также от грязи и масляных пятен. Затем листы протирают тряпкой, смоченной в растворителе лака (бензине, ацетоне или толуоле), и просушивают. Листы лакируются эмалью № 1201 или лаками № 202 или № 302. Покрытие производится или при помощи мягкой кисти или путем прокатывания по листу резинового валика, предварительно

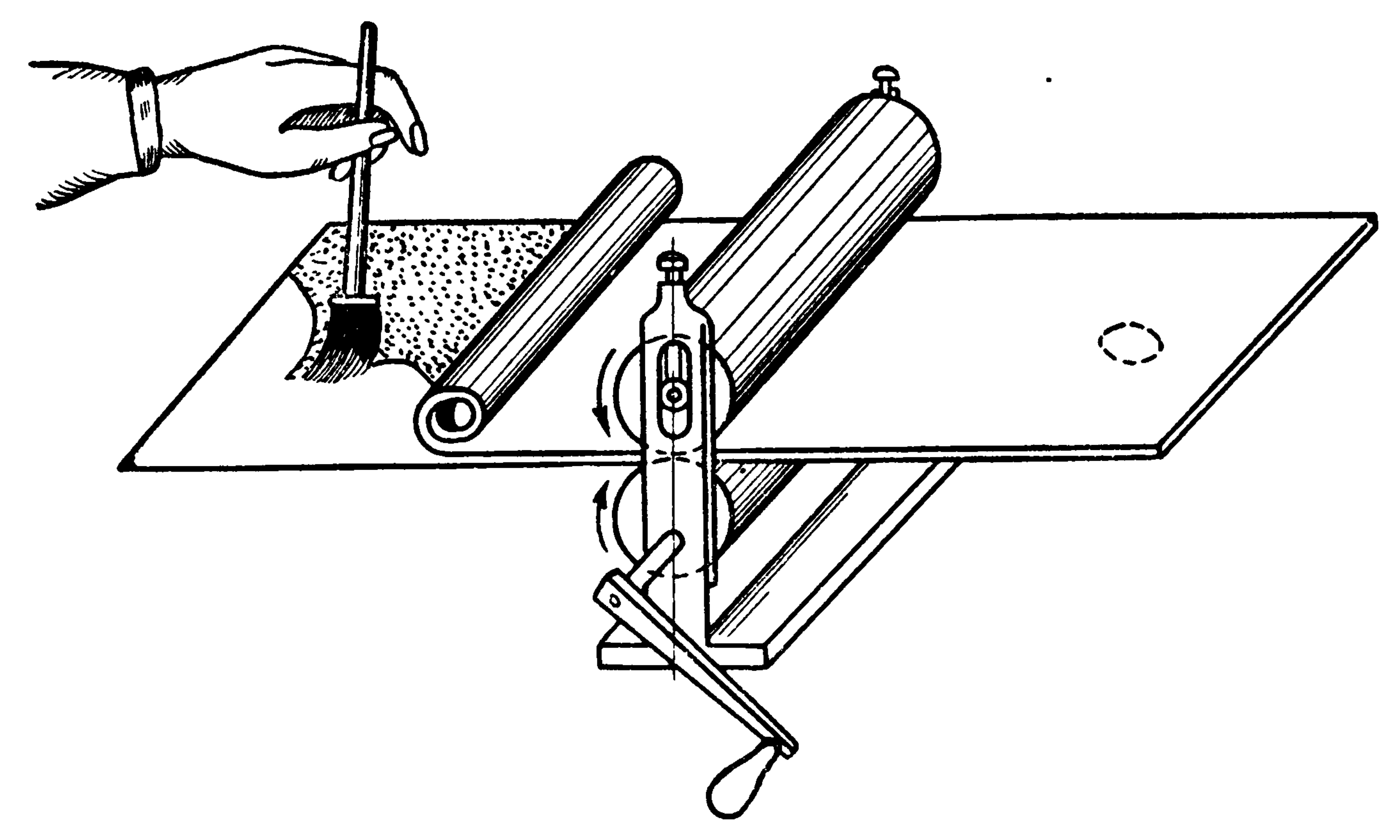


Рис. 128. Приспособление для оклейки листов бумагой

погруженного в лак. Эмаль сушится на воздухе в течение 2—3 часов. Масляные лаки требуют печной сушки при температуре не менее 110°. Сушку можно производить и при помощи инфракрасных ламп, которые нагревают лист до 200—250° за несколько минут.

При восстановлении бумажной изоляции следует применять оклеечную бумагу толщиной 0,03 *мм*. Лист смазывается клейстером при помощи кисти. Сразу же листы должны поступать в сушку, так как трансформаторная сталь легко окисляется и под слоем бумаги появляется ржавчина. При оклейке бумагой необходимо следить за тем, чтобы она плотно прилегала к стальному листу и между ними не образовывалось воздушных пузырей. Это достигается прокатыванием оклеенного листа между валиками. Приспособление для прокатывания листа при оклейке, применяемое в ремонтных условиях, показано на рис. 128.

Во время каждой ревизии трансформатора с выемкой активной части из бака производится контроль изоляции стяжных шпилек с помощью мегомметра напряжением 1000 *в*. Соедине-

ние шпильки с магнитопроводом в двух точках вызывает ток короткого замыкания, что может привести к разрушению прилегающих листов. Короткое замыкание шпильки приводит к разложению масла, температура вспышки которого понижается. Смена изоляции шпильки необходима в тех случаях, когда сопротивление ее резко снижается по сравнению с сопротивлением, измеренным во время предыдущего ремонта.

## § 4. РЕМОНТ ВВОДОВ

Неисправности вводов могут заключаться в повреждении фарфоровых изоляторов или течи масла через неплотные соединения. Повреждения изоляторов выражаются в отколах ребер и граней, трещинах и царапинах на глазурованной поверхности вследствие неосторожного обращения при монтажных и ремонтных работах. Если поверхность скола фарфоровых граней не превышает 2 *см*², то края его зашлифовывают и покрывают два раза бакелитовым лаком. Изоляторы, имеющие более крупные повреждения, ремонтируют при помощи склейки карбинольным клеем. В изоляторах низшего напряжения, работающих в сухих помещениях, допускается склейка при любых повреждениях, так как механическая и электрическая прочность шва не уступает прочности целого фарфора. Однако вследствие гигроскопичности поверхность клееного шва становится проводящей, поэтому не допускается склейка изоляторов, подверженных в процессе работы увлажнению. Это резко снижает разрядное напряжение. Для склейки изоляторов применяют также универсальный клей БФ-2, образующий соединения с высокой механической и электрической прочностью. Склеенные изоляторы должны подвергаться горячей сушке при температуре в пределах от 70 до 150° в течение нескольких часов.

Если ремонт изолятора невозможен, то он должен быть заменен новым. Крепление фарфоровых изоляторов в металлических фланцах производится при помощи заливки магнезиальной или глето-глицериновой массой. Глето-глицериновая масса приготовляется из желтого или красного глета и технического глицерина с удельным весом 1,2. Эта масса быстро густеет и поэтому широко применяется в ремонтных условиях. Окончательное затвердевание происходит на воздухе в течение 8—10 часов.

Магнезиальная масса состоит из четырех весовых частей магнезита, двух весовых частей фарфоровой муки и пяти весовых частей раствора хлористого магния с удельным весом 1,2. Заливку магнезиальной массой следует производить в помещении с температурой не ниже 10°. Залитые изоляторы сушат на воздухе в течение 10—20 часов.

Поверхности фланца и фарфора должны быть чистыми, поэтому перед заливкой их очищают и протирают чистой тряпкой, смоченной в бензине. В местах заливки изолятор не должен

иметь глазури. Залитый изолятор необходимо установить в строго вертикальное положение и неподвижно относительно фланца до тех пор, пока масса не затвердеет. Для этого применяют специальное приспособление, показанное на рис. 129. Изолятор *6* с надетым на него фланцем *4* ставят в отверстие деревянной доски *3*. Между фланцем и бортиком изолятора прокладывают уплотнительную прокладку *2*. На токоведущую шпильку *1* надевают скобу *5* и затягивают ее гайкой *8*, под которую проложена шайба *7*. Заливку удобно производить из специального ковшика с носиком. Когда масса окончательно затвердеет, снимают нажимную скобу и счищают с краев фланца излишки и наплывы заливочной массы. Затем изолятор протирают тряпкой, смоченной в бензине. Поверхность образовавшегося шва, всю поверхность фланца и прилегающую часть фарфора смазывают лаком № 1201 или бакелитовым лаком. После высыхания наносят второй слой лака.

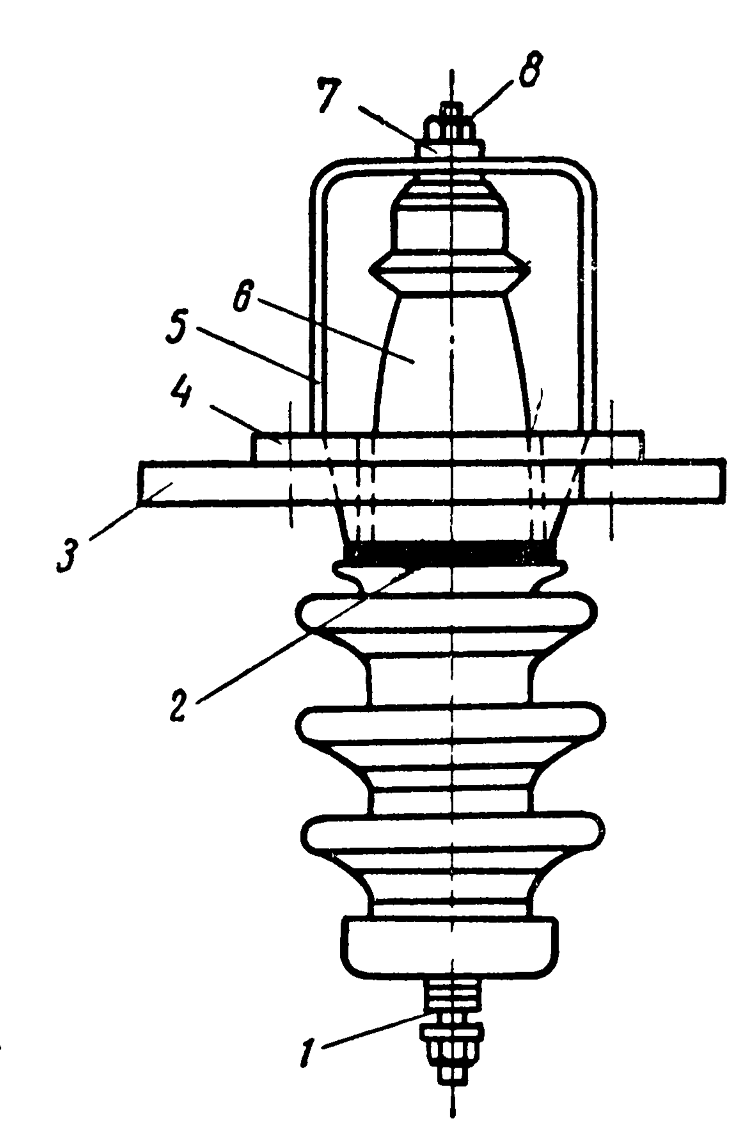


Рис. 129. Приспособление для заливки изолятора

Если после установки ввода на крышку трансформатора обнаруживается течь масла через слой заливки, то в большинстве случаев приходится снять изолятор, удалить старую массу и произвести заливку свежей массой. Иногда удается устранить течь путем трех-, четырехкратного обильного покрытия места заливки карбинольным клеем с промежутками между покрытиями 6—10 часов.

## § 5. РЕМОНТ ОБМОТОК

Обмотки трансформатора повреждаются в процессе работы при нарушениях изоляции между витками одной из обмоток или между обмотками. Изоляция может быть нарушена по различным причинам. Надо заметить, что всякая изоляция под действием нагрева с течением времени теряет свои свойства. Однако в ряде случаев нарушение изоляции происходит значительно раньше. Это может объясняться недоброкачественным изготовлением обмотки, в которой были неровности на поверхности медных проводов, приведшие к проколам изоляции. Нарушение изоляции бывает и от плохой сборки. Если обмотки недостаточно плотно спрессованы, то под действием механических усилий

между проводами происходит перетирание витковой изоляции. Ненормальная работа трансформатора, когда он подвергается перегрузкам и вследствие этого чрезмерно нагревается, является одной из основных причин преждевременного выхода изоляции из строя. Наконец, перенапряжения в обмотках трансформатора вследствие атмосферных разрядов и прямых ударов молнии часто являются причиной местных пробоев изоляции. Они иногда не могут быть сразу обнаружены измерением сопротивления изоляции.

Нарушение изоляции между соседними витками трансформатора приводит к образованию короткозамкнутых витков. Катушки трансформатора пронизываются переменным магнитным потоком, поэтому в короткозамкнутых витках образуются сильные токи короткого замыкания, так как сопротивление такого витка очень мало. Это приводит к сильному нагреву витка и разрушению изоляции соседних витков. При этом количество выделяемого тепла все возрастает и приводит к расплавлению меди обмотки. Таким образом, витковые замыкания являются причинами аварии, которая обычно бывает обнаружена тогда, когда всю обмотку секции или фазы, а иногда и всех фаз приходится заменять новой.

Всякие неисправности в обмотках трансформатора сопровождаются выделением большого количества тепла. Поэтому повышение температуры масла сигнализирует о неисправностях в трансформаторе. При усилении неисправности появляется сигнал газового реле. Однако этот сигнал не указывает на ее причины. Поэтому по получении предупредительного сигнала газового реле отключают трансформатор и приступают к внешнему осмотру, чтобы установить, не сработало ли реле вследствие утечки масла или понижения уровня масла в расширителе. Затем приступают к исследованию газов, скопившихся в реле, и определяют цвет, количество и горючесть газов. Это надо сделать тотчас же по отключению, так как окраска газа исчезает через несколько минут после его выделения. Черный горючий газ указывает на разложение масла в результате горения электрической дуги в масле или чрезмерного его нагревания. Желтый трудновоспламеняющийся газ указывает на повреждение деревянных частей трансформатора. Беловатый негорючий газ с острым запахом свидетельствует о повреждении изоляции.

Ремонт обмоток производится после выемки активной части из бака, ее очистки и сушки. Очень редко удается устранить неисправности обмоток, не разбирая верхнего ярма и не снимая обмоток с сердечников. Это бывает в тех случаях, когда причина неисправности обмоток заключается в перегорании отводов или их соединений с вводами.

В большинстве случаев ремонт обмоток производится после снятия их с сердечников. Для определения объема ремонта следует подвергнуть ревизии состояние изоляции обмоток путем

внешнего осмотра, что при достаточном опыте персонала ремонтного цеха дает практически точные результаты.

Если изоляция мягкая и при нажатии рукой на ней не остается вмятины, то ее можно считать хорошей. Изоляцию можно считать удовлетворительной, если она сухая, но прочная, без трещин, с трудом отделяется лишь при помощи острого ножа, а при нажатии рукой не дает трещин и вмятин. Если же изоляция пересохла настолько, что от постукивания или надавливания дает мелкие трещины и отделяется от проводников, то она считается ненадежной и должна быть заменена новой. Обычно при износе витковой изоляции проводников оказываются негодными для дальнейшей работы также картонные детали и ленты, которыми скрепляются катушки обмоток.

Содержание работ при ремонте зависит от характера повреждений обмоток. Если при замыкании выгорело несколько витков, то они могут быть перемотаны проводом такого же размера и в такой же изоляции, каким была намотана катушка. При сильном повреждении катушки вследствие короткого замыкания или механических усилий она должна быть намотана заново. Для намотки катушек приспосабливают старый токарный станок, добавив к нему тормоз, чтобы медь не разматывалась при остановке станка, и фрикционное сцепление к приводу, устраняющее резкое трогание шпинделя, которое может оборвать тонкий медный провод. Намотка катушек производится на деревянный шаблон цилиндрической формы с продольным разрезом для удобного вынимания катушки после намотки. К шаблону с помощью угольников прикрепляют две шайбы из толстой фанеры. Они скрепляют половины шаблона при намотке катушки. Бухта обмоточного провода устанавливается на конусную вертушку. Провод пропускается через натяжное приспособление, состоящее из двух стальных планок, стянутых винтами. Нажатие регулируется давлением пружины, которая подтягивается барашком на конце винта. Освобождение провода производится поворотом рукоятки эксцентрикового зажима.

При износе или пробоях изоляции провода медь остается годной к дальнейшему применению. Поэтому в практике ремонтных работ широко применяется восстановление изоляции обмоточных проводов. Старая изоляция удаляется обжигом в закрытых электрических печах. Не допускается обжиг изоляции на пламени горелки, так как это приводит к перегреву самого медного провода и нарушению его механических свойств. После обжига провод опускают на 5—10 мин. в 4—5-процентный раствор серной кислоты для окончательного удаления остатков старой изоляции. Затем провод промывают водой под краном и опускают на 15—20 мин. в ванну с горячим однопроцентным раствором мыла для нейтрализации остатков серной кислоты. После нейтрализации провод снова промывают под краном и просушивают в струе горячего воздуха. Затем провод выпрямляют и на-

матывают на деревянный барабан. В процессе намотки тщательно осматривают поверхность провода. Заусенцы, оплавления и ребристость снимают шабером. При обнаружении трещин, пережогов и сужения сечения поврежденные участки провода вырезают, а концы проводов сваривают на сварочных аппаратах в стык. Провода прямоугольного сечения перед сваркой срезают под углом 30—60°.

В качестве изоляции применяется пряжа. Толщина нитей пряжи характеризуется номером, который обозначает число метров в 1 *г* пряжи. Изолируют провода пряжей номеров от 204 до 54. Для увеличения производительности изолировочных станков процесс ведут сразу 3—5 нитями. Поэтому пряжу, поступающую в початках или бобинах, предварительно перематывают на катушку так, чтобы одиночные нитки укладывались рядом. Целесообразно в процессе изолировки производить одновремен-

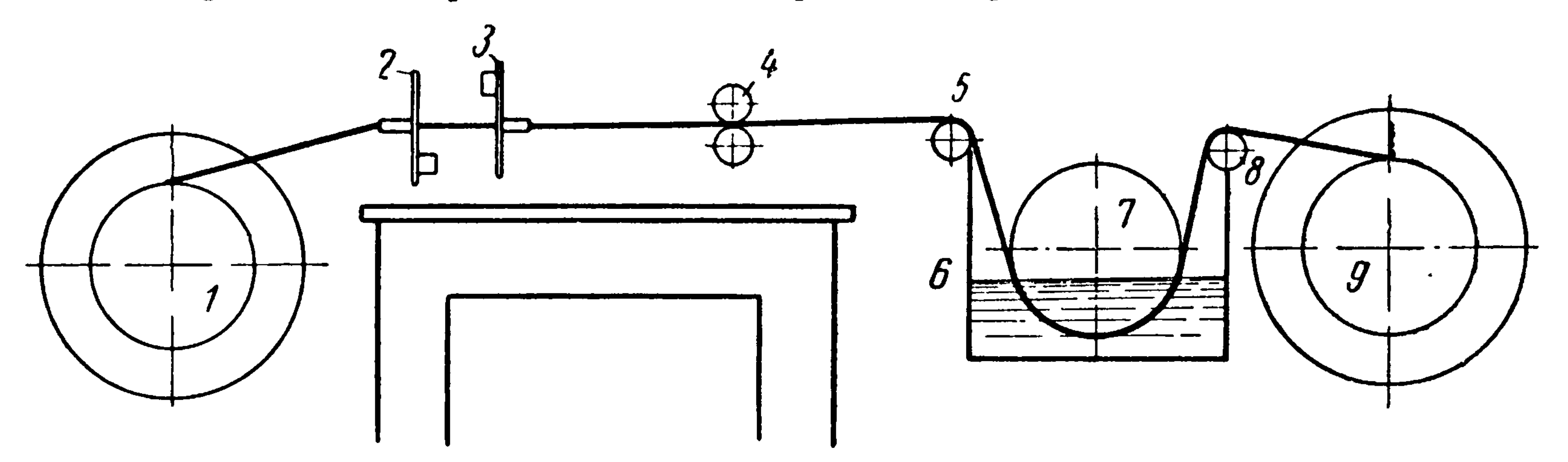


Рис. 130. Схема изолировки и пропитки провода

но пропитку пряжи, так как это повышает качество изоляции. Схема изолировки провода с одновременной пропиткой показана на рис. 130. Обмоточный провод с барабана *1* после нажимных роликов *4* поступает в пропиточную ванночку *6*, которая установлена рядом с приемным барабаном *9*. Провод направляется роликами *7* и *5*. Излишки лака удаляются фетровой прокладкой, прижимаемой к ролику *8*. Нити пряжи наматываются на провод с катушек *3*, вращающихся вокруг провода на дисках *2*.

Ремонт переключателей обычно сводится к чистке контактов и проверке действия переключателя путем поворота его по всем ступеням На роликовых переключателях крупных трансформаторов стержни и ролики иногда приобретают цвет латуни. Это является результатом образования очень стойкой и твердой пленки, являющейся продуктом разложения масла, которую можно снять тряпкой, смоченной в ацетоне. Применение наждачной бумаги для чистки контактов недопустимо, так как никелированные поверхности стержней и роликов будут повреждены. В трансформаторах меньшей мощности зажимы переключателей крепятся на доске, изготовленной из сухой прочной древесины. Здесь ремонт заключается в смене досок или обгоревших контактов. В большинстве случаев для ремонта надо снять пере-

ключатель с трансформатора, очистить от шлама и осадков, разобрать и устранить обнаруженные повреждения. При выгорании контактов переключатель надо заменить новым, так как даже небольшие неполадки в переключателе трансформатора могут привести к аварии.

## § 6. СБОРКА ТРАНСФОРМАТОРА

По окончании ремонта производится сборка трансформатора. Перед сборкой необходимо проверить изоляцию каждого листа. Все листы раскладывают в таком порядке, в каком они должны быть в собранном магнитопроводе.

Сборка производится на козлах высотой 75—80 *см* или на прочном ровном столе (рис. 131). Сначала кладут прессующие балки, а между ними несколько деревянных планок, имеющих высоту, равную высоте балок. В отверстия балок вставляют прессующие шпильки. Листы шихтуют согласно схеме, составленной при разборке трансформатора. Сборка производится слоями, причем надо строго следить за тем, чтобы не пропустить или не положить лишнего листа в слое. Нарушение порядка слоев приводит к вибрациям листов и ненормальному гудению трансформатора. После укладки первого пакета листы выравнивают и подбивают деревянным молотком. В местах стыка листы должны плотно прилегать один к другому. Для проверки на отсутствие перекосов измеряют диагонали магнитопровода, которые должны быть во всех направлениях одинаковыми. После сборки всех пакетов кладут вторую пару балок и стягивают листы шпильками. Толщину магнитопровода измеряют на концах каждого стержня. Увеличение или уменьшение толщины свидетельствует о лишних или пропущенных листах или же о налегании в слое одного из листов на другой. После окончательной прессовки магнитопровода его снимают с козел и ставят в вертикальное положение с помощью подъемного приспособления. При этом необходимо пропустить канат или трос два-три раза под нижнее ярмо. Подъем магнитопровода за верхнее ярмо недопустим, так как листы могут сдвинуться под действием силы тяжести. Надо следить за тем, чтобы трос не повредил листов.

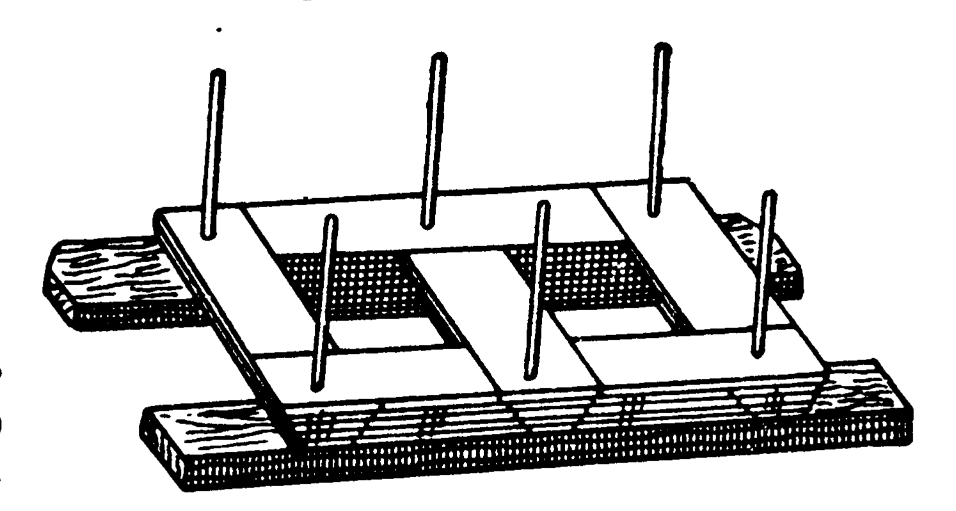


Рис. 131. Процесс сборки магнитопровода после ремонта

Для насадки обмоток верхнее ярмо расшихтовывают тем же способом, как и при разборке магнитопровода. Всю поверхность магнитопровода продувают сжатым воздухом от сети или от

ручных мехов для удаления пыли. Чтобы предохранить обмотки от повреждения острыми углами листов, стержни стягивают лентой, пропущенной через отверстия для стяжных шпилек. Торцы обмоток изолируют торцовой изоляцией, которая представляет собой куски электрокартона толщиной около 2 *мм*, укладываемые на ярмо в промежутках между стержнями.

Для изоляции обмоток от прессующих балок применяют деревянные бруски, накладываемые на балки и служащие одновременно для их выравнивания. Изоляция стержней производится заранее нарезанными листами картона толщиной 1 *мм*, которые от руки свертывают в цилиндр и туго обвязывают полотняной лентой. Если обмотка низшего напряжения намотана на бакелитовый цилиндр, стержни магнитопровода не изолируют, а насаживают обмотку непосредственно на стержень.

Насадка катушек на стержень должна быть плотной, чтобы обмотка не могла передвигаться вдоль стержня. Для облегчения насадки натирают парафином внутреннюю поверхность катушки и цилиндр на сердечнике. Причинами слишком тугой насадки могут быть неправильная сборка магнитопровода или уменьшение внутреннего окна катушки. Обмотки после насадки на стержень расклинивают деревянными стержнями и клиньями, предварительно натертыми парафином. Сначала забивают стержни, а затем клинья. Ударять по ним молотком надо через фибровую прокладку, чтобы не расколоть клинья. Деревянные стержни служат для выравнивания зазора между стержнем и катушкой. Зазоры между катушками низшего и высшего напряжения также должны выдерживаться постоянными по окружности. В обмотках, насаженных эксцентрично, возникают большие механические усилия, которые могут повредить катушки.

После проверки правильности насадки обмоток производится шихтовка верхнего ярма. Если листы изолированы бумагой, то изоляция на листах ярма должна быть обращена в ту же сторону, что и на листах стержней. Шихтовка начинается со среднего пакета, от которого затем переходят к соседним пакетам. По окончании сборки верхнего ярма производят прессовку сердечника шпильками, пропущенными через листы ярма и сердечников. Предварительно затягивают гайки на вертикальных шпильках, которые прессуют сердечник в стыках между листами ярем и стержней. Осадка может считаться оконченной, когда отверстия в листах стержней и ярем совпадают.

После окончательной прессовки магнитопровода с установленными на нем катушками производят пайку отводов. Отводы пропускают через бакелитовые трубки и прижимают к стяжным щекам магнитопровода деревянными планками. Круглые отводы соединяют при помощи медной пластинки или скручивают. Все соединения обмоток с отводами пропаивают меднофосфористым припоем. При пайке необходимо защищать обмотку асбестом от попадания брызг расплавленного припоя.

Если обмотки находились без масла в течение 24 часов, то они отсырели и перед опусканием в бак должны подвергаться сушке. Она производится при температуре не выше 105° во избежание нарушения свойств изоляции. На заводах и в крупных ремонтных цехах сушка осуществляется в специальных шкафах с электрическим подогревом, в которых создается вакуум для лучшего удаления влаги из изоляционных материалов. В условиях ремонта на месте установки сушка производится методом потерь в баке после установки в него активной части трансформатора. На рис. 132 показана схема сушки трансформатора, применяемая новаторами треста «Центроэлектромонтаж». Вокруг бака *1* трансформатора намотана намагничивающая обмотка *2* из изолированного кабеля. При пропускании тока через обмотку в стенках бака образуются вихревые токи, нагревающие бак. Для ускорения сушки через бак трансформатора пропускают воздух. Он забирается в трубку *9* через фильтр и подогревается спиралью *10*, через которую пропускается электрический ток. Затем через вентиль *8* нагретый воздух попадает в бак, из которого он выходит по трубке *4* через вентиль *3*. Движение воздуха создается вентилятором *5*. Горячий воздух из трансформатора через трубку *6* попадает в ящик *7*, установленный под дном бака, что ускоряет сушку и экономит затрачиваемую электрическую энергию.

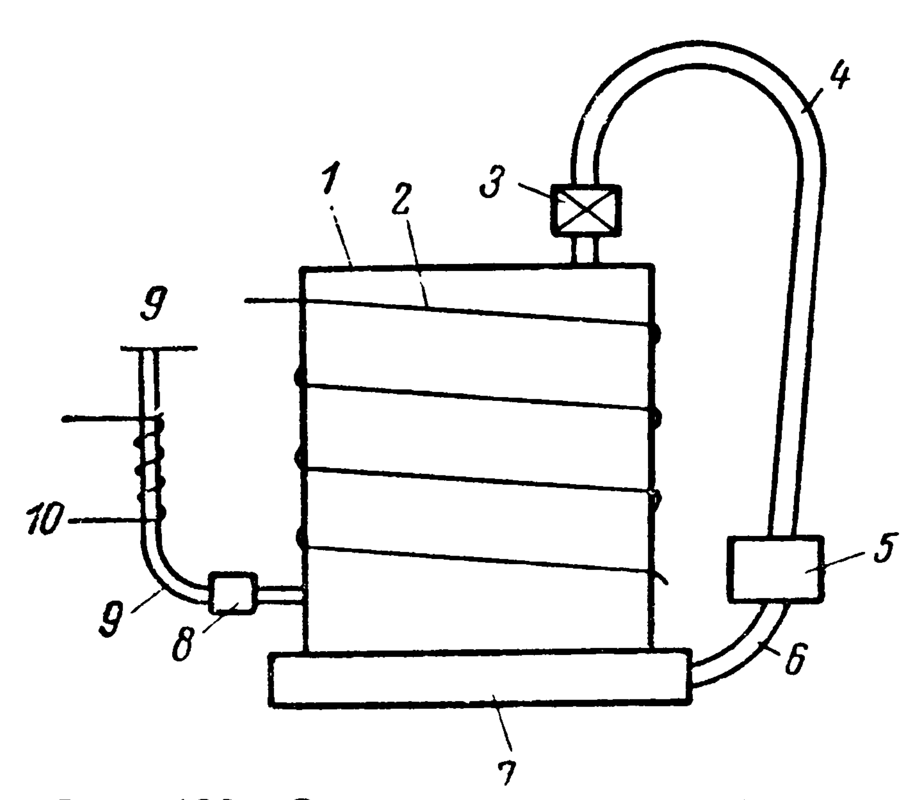


Рис. 132. Схема сушки трансформатора

Для создания герметичности между баком и крышкой трансформатора ставят прокладку из маслоупорной резины или пробки. При сборке трансформатора надо затяжку болтов производить равномерно по периметру, чтобы не перекосить уплотнительную прокладку. Если прокладка разорвана, то ее надо починить путем вклеивания дополнительных кусков резины. Когда нет резины и невозможно отремонтировать поврежденную прокладку, ее заменяют прокладкой из асбестового шнура диаметром 12—18 *мм*, который пропитывается в жидком бакелитовом или глифталевом лаке и затем просушивается в течение 2—3 час. Для предотвращения от сдвигов прокладку подвязывают нитками к отверстиям в баке.

Через 2—4 часа после установки и заболчивания крышки трансформатор заливают маслом. Заливка маслом производится через специальное отверстие с краном на крышке бака. Круп

ные трансформаторы заливают через нижний кран с помощью центрифуги, подающей масло под давлением. В этом случае механические примеси оседают на дне бака, а не на обмотках. Для заливки применяется чистое сухое масло. Температура его должна быть не ниже температуры сердечника. Поэтому, если сердечник заполняется маслом после сушки, то его следует подогреть.

Ремонт трансформаторов сварочных аппаратов в основном заключается в восстановлении контактов со стороны низшего напряжения. Чрезмерный нагрев определяют по посинению медных шин. Контактные поверхности должны быть тщательно зачищены, облужены и туго затянуты скрепляющими болтами.

Ремонт регуляторов сварочных трансформаторов заключается в регулировке подвижного ярма и подтягивании крепления стальных сердечников.

## § 7. ПРОВЕРКА И ИСПЫТАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ

После окончания ремонта и заливки трансформатора маслом бак тщательно обтирают и дают постоять 5—6 час. Если при этом не будет обнаружено течи масла, то бак подвергают испытанию на герметичность избыточным давлением. Избыточное давление получается путем присоединения к пробке в крышке трансформатора трубки с воронкой. На время испытаний отверстие дыхательной трубы расширителя должно быть закрыто. Испытание продолжается 15 мин., а высота столба масла в трубе для трубчатых и гладких баков берется 0,6 *м,* а для волнистых баков из тонкой стали 0,3 *м.*

Приемку трансформатора после ремонта производят по акту, к которому прилагается ведомость ремонта, протоколы испытаний и другая документация по ремонту. В процессе приемки производят включение трансформатора. Перед включением производят наружный осмотр, проверяют прочность контактных соединений, уровень масла, осматривают изоляторы, заземление бака, пробивной предохранитель и т. д. Если с момента испытаний трансформатора на месте ремонта прошло более суток, то измеряют сопротивление изоляции обмоток мегомметром.

Во время приемки допускается внезапное включение трансформатора со стороны первичной обмотки при включенной защите или плавких предохранителях. Если трансформатор включают с застывшим маслом, то необходимо некоторое время после включения проследить за подъемом температуры масла.

Приемка трансформатора после ремонта производится лицом, ответственным за его эксплуатацию. Исправность трансформатора после включения под нагрузку в некоторых случаях можно определить по гудению. Исправный трансформатор при номинальной нагрузке издает спокойный, равномерный, моно-

тонный гул. Ненормальное гудение обычно вызывается неправильной сборкой листов магнитопровода, обрывом заземления, витковыми замыканиями в обмотках или ослаблением крепления отдельных элементов трансформатора. Каждой неисправности соответствует характерное гудение трансформатора.

При ремонте и испытании трансформатора, кроме общих правил техники безопасности по эксплуатации электрических устройств, надо выполнять следующие правила.

После отключения трансформатора от сети перед внешним осмотром необходимо проверить отсутствие напряжения во всех фазах. Для этого используют указатель напряжения.

Глет, применяемый в качестве составной части глето-глицериновой массы, ядовит. Поэтому приготовление массы и заливку изоляторов надо производить в резиновых перчатках. Глет должен храниться в плотно закрываемой таре, причем его поверхность необходимо закрыть слоем парафинированной бумаги.

Место испытания трансформатора под напряжением должно иметь ограждение и предупредительные надписи.

При ревизии трансформаторов на всех отключающих аппаратах следует вывесить плакаты: «Не включать — работают люди».

---

*Глава XII*

# РЕМОНТ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

## § 1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РЕМОНТА ОБМОТОК

В зависимости от характера неисправности обмотки ремонт может заключаться или в смене отдельных катушек или в полном восстановлении обмотки. Характер ремонта определяется не только видом неисправности, но и конструкцией обмотки. Например, в полюсных катушках или однослойных статорных обмотках катушки являются независимыми частями и для замены неисправной катушки достаточно вынуть ее и заменить новой. В двухслойных обмотках для замены неисправной катушки необходимо поднять из пазов число катушек, равное шагу обмотки по пазам, так как иначе нельзя вынуть ремонтируемую катушку. В статорных обмотках из тонкого провода проводники при пропитке склеиваются лаком и вынуть их из пазов можно только разрезав лобовые части катушек на обоих торцах статора. Таким образом, при одной неисправной катушке приходится полностью восстанавливать обмотку, причем старая обмоточная медь не может быть использована.

В тех случаях, когда можно произвести частичный ремонт, поврежденную катушку вынимают из пазов. В случае замыканий на корпус или между витками на проводники накладывают дополнительную изоляцию. Если же произошло перегорание проводников, то катушку надо перемотать или восстановить нарушенное соединение.

Сроки, стоимость и качество ремонта в значительной степени зависят от плановой подготовки к ремонту. Она заключается в своевременном обеспечении проводами, изоляционными и вспомогательными материалами. При полном восстановлении обмотки необходимо перед ее удалением записать все данные, которые потребуются для изготовления катушек новой обмотки. При ремонте обмоток должны применяться изоляционные материалы, которые соответствуют классу изоляции, принятому в данной машине. Все изоляционные материалы должны быть пропитаны лаками для уменьшения гигроскопичности.

## § 2. ИСПЫТАНИЯ ОБМОТОК ПРИ РЕМОНТЕ

Испытание обмоток при ремонте проводится для того, чтобы убедиться в исправности обмотки и ее надежности в работе. Для испытания обмоток применяются как сложные аппараты, так и простые устройства, которые легко могут быть изготовлены силами любой электроремонтной мастерской. Значительное усовершенствование методов испытания обмоток всех типов внесло применение аппарата СМ-1, разработанного во Всесоюзном электротехническом институте им. В. И. Ленина кандидатами технических наук М. В. Смирновым и В. Д. Мажугой. Аппарат питается от сети переменного тока напряжением 127 *в* и посылает в испытываемую обмотку волну импульса с амплитудой до 600 *в* при токе в несколько миллиампер. На экране электронно-лучевой трубки появляется свечение в виде яркой точки. С помощью двух вертикальных пластин луч развертывается в светящуюся полосу. Две горизонтальные пластины, к которым присоединяются две ветви испытываемой обмотки, заставляют луч колебаться в вертикальном направлении, и на экране появляется кривая. При несимметричном расположении двух ветвей обмотки на экране появится изображение двух кривых. Если неисправности двух обмоток различны (междувитковое замыкание, обрыв, неправильное соединение катушек, различные числа витков), то появятся кривые разной формы, что при известном опыте производящего испытания позволяет быстро определить характер неисправности.

На рис. 133, *а* изображен внешний вид аппарата СМ-1. До присоединения к источнику питания зажим *9* на передней стенке футляра надо заземлить. Включение в сеть производится при помощи шнура с вилкой *11*, выведенного с задней стенки футляра. После включения необходимо дать лампам прогреться в течение одной минуты. В нижней части передней стенки расположены две пары гнезд для присоединения испытываемых обмоток. Пара гнезд 6 обозначена на стенке аппарата «импульсы», а пара гнезд *8* — «пластины явления». Над гнездами имеются три выключателя, которые в верхнем положении рукояток выключены, а в нижнем — включены. Выключатель *4* управляет скоростью развертки луча по экрану *1*. Выключатель *5* включает анодное напряжение, а выключатель *7* включает синхронный двигатель аппарата. При испытании выключатели *5* и *7* должны быть обязательно во включенном состоянии. Между экраном и выключателями расположены три ручки настройки. Ручкой *2* с надписью «импульсный контур» регулируется напряжение, подаваемое на испытываемые обмотки. Ручкой *3* с надписью «фокус» регулируется яркость луча на экране. Ручкой *10* с надписью «емкость симметрии» можно устранять естественную несимметрию испытываемых обмоток.

На рис. 133, *б* показана схема приключения к аппарату трех-

фазной обмотки, соединенной в звезду. Начала двух фаз *I* и *II* подключены к гнездам *6*, а нулевая точка обмотки к одному из гнезд *8*. При отсутствии нулевой точки можно к гнезду *8* присоединить фазу *III*, которая будет служить соединительным проводом при испытании фаз *I* и *II*. Если в фазах *I* и *II* дефекты отсутствуют, то конец одной из этих фаз заменяют концом фазы *III* и проверяют вторую пару фаз.

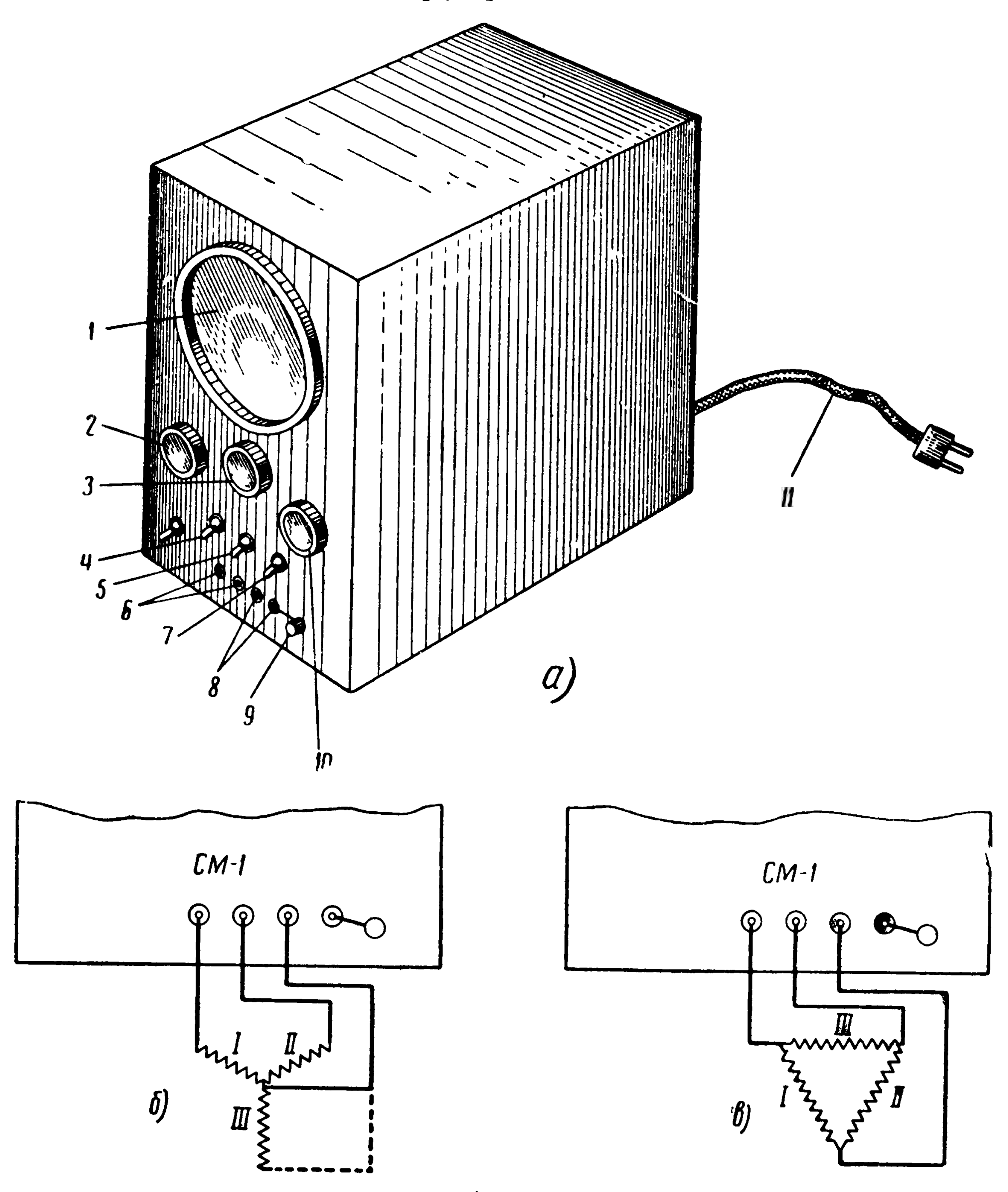



Рис. 133. Аппарат СМ-1:

*а* — общий вид аппарата, *б* — испытание обмотки, соединенной в звезду, *в* — испытание обмотки, соединенной в треугольник

На рис. 133, *в* представлена схема включения обмотки, соединенной в треугольник. Во втором положении надо фазы *I* и *II* поменять местами с фазой *III*. Для устранения источников дополнительной несимметрии присоединение обмоток к аппарату следует производить проводами одинаковой длины и одного сечения.

На рис. 134 дана схема испытания обмотки якоря на отсутствие витковых замыканий, обрывов, правильность соединения катушек обмотки с пластинами коллектора и одинаковое число витков во всех катушках. При наличии какого-либо дефекта меняется форма кривой на экране аппарата СМ-1. Заметное раздвоение кривых получается при отклонениях числа витков на 4—5% от номинального. Для каждого типа обмотки якоря необходимо предварительно установить, какая форма кривой соответствует тому или иному дефекту, так как при различных обмоточных данных формы кривых могут меняться.

Наиболее часто встречающимся дефектом в обмотках являются соединения между соседними проводниками в пазах, которые носят название междувитковых замыканий. Для проверки на междувитковые замыкания широкое распространение получил метод испытательного электромагнита, который прост по

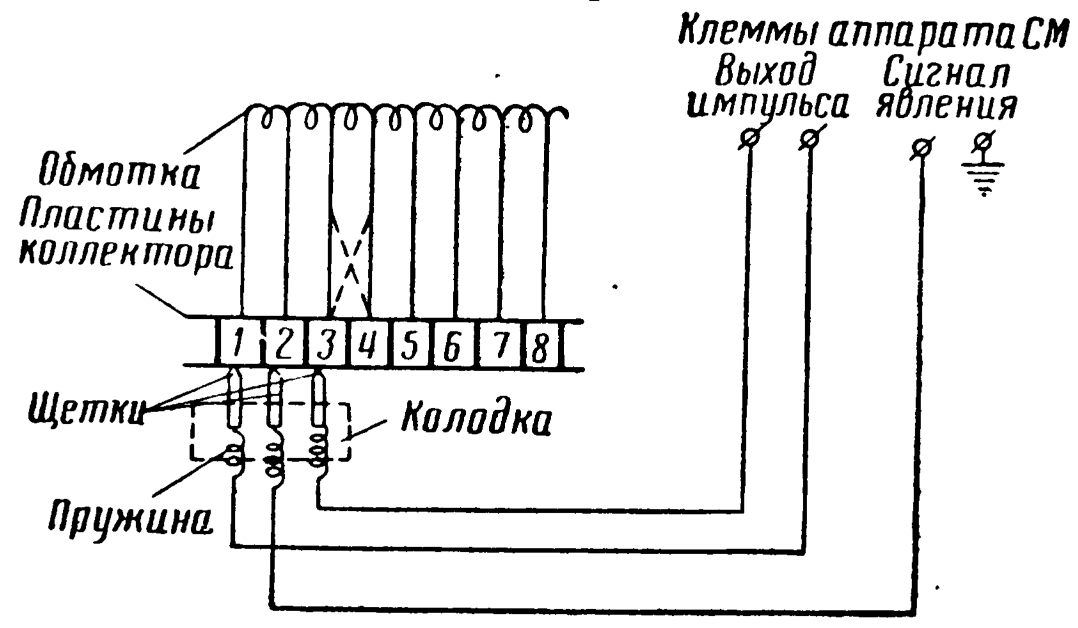



Рис. 134. Испытание обмотки якоря

устройству и позволяет быстро обнаружить наличие междувитковых замыканий с указанием тех пазов, в которых находятся катушки с междувитковыми замыканиями.

На рис. 135, *а* показана схема испытания обмотки статора. Переносный подковообразный магнит, обмотка которого питается переменным током повышенной частоты, передвигают по окружности статора. К каждой паре соседних зубцов подносят подковообразный магнит; обмотка его включена на телефонную трубку (рис. 135, *б*). О наличии короткозамкнутых витков судят по звуку в телефонной трубке. В двухслойной обмотке в каждом пазу лежат стороны двух катушек. Следовательно, сигнал в телефонной трубке, когда магнит приложен к зубцам, ограничивающим паз *5* (рис. 135, *в*), еще не определяет, какая из катушек неисправна. Поэтому, определив неисправность обмотки в одном пазу, продолжают перемещать электромагнит по окружности статора. Если звук в телефоне будет слышен в пазу *9*, то неисправная катушка лежит в пазах *5* и *9*. Если же витковое замыкание произошло в другой катушке паза *5*, то звук в телефоне появится при установке магнита над пазом *1*.

Для проверки обмотки якоря на междувитковые замыкания

его кладут на полюса электромагнита, катушка которого питается переменным током повышенной частоты (рис. 136). Под действием переменного магнитного потока в проводниках якоря

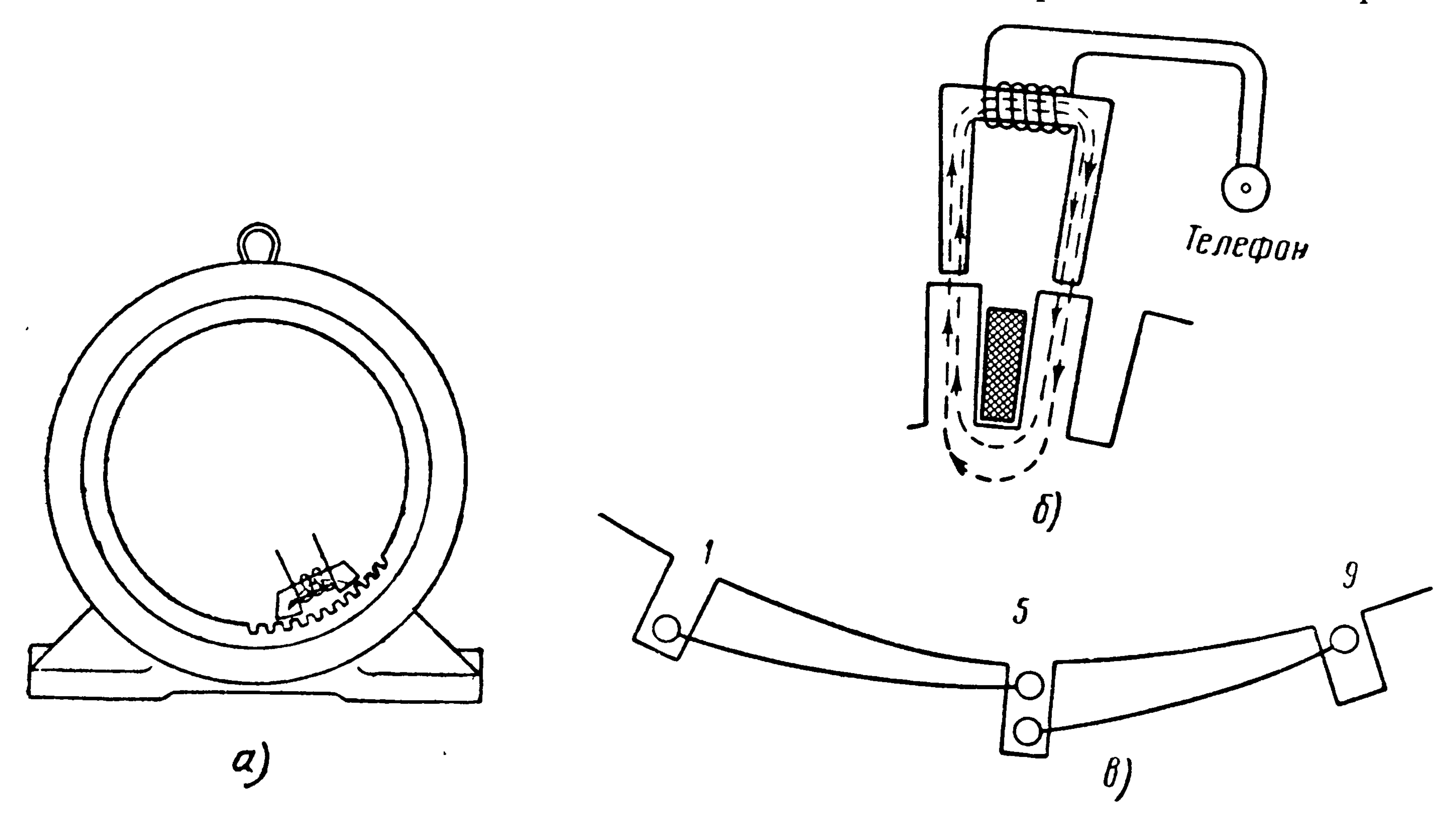



Рис. 135. Проверка обмотки статора:
*а* — установка магнита, *б* — установка телефона, *в* — схема обнаружения неисправной катушки

будут наводиться электродвижущие силы, как и при вращении его в магнитном поле полюсов. Если в обмотке нет витковых замыканий, то все электродвижущие силы уравновешиваются и

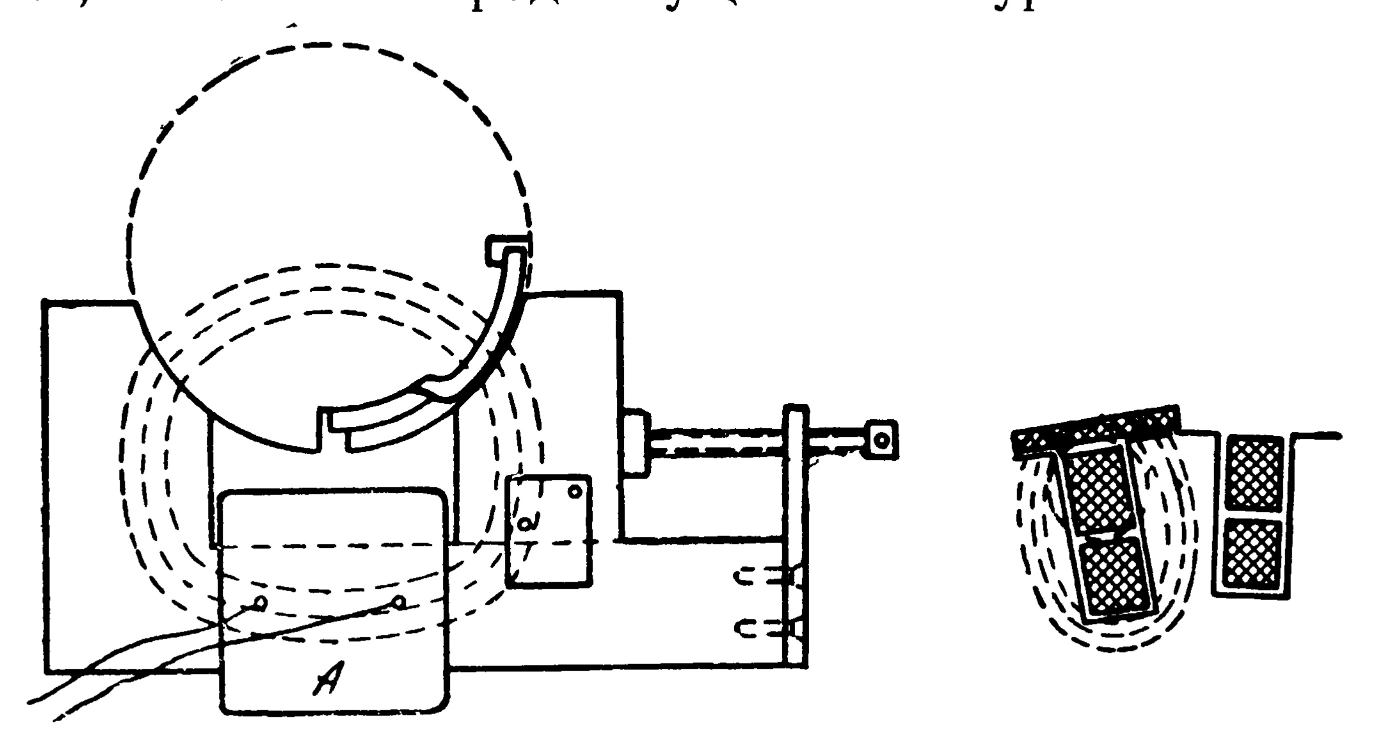



Рис. 136. Электромагнит для испытания обмотки якоря

тока в обмотке не будет. При наличии в какой-либо катушке замкнутых витков в них протекает сильный ток, как во вторичной обмотке трансформатора, замкнутой накоротко. При этом зубцы, ограничивающие пазы с замкнутыми витками, намагничиваются. Обводя окружность якоря стальной пластин-

кой, проверяют, над какими пазами она дребезжит под действием переменного потока. Эти пазы помечают мелом и при ремонте вынимают из них неисправную катушку. Таким методом нельзя проверять якори, обмотки которых имеют уравнительные соединения, а также якори с лягушечьими обмотками, так как в них всегда есть замкнутые соединениями пластины коллектора и стальная пластинка будет дребезжать на всех зубцах. Поэтому для проверки таких якорей пользуются методом падения напряжения. Этим же методом можно определить наличие в обмотке обрывов, плохих контактов в местах пайки и

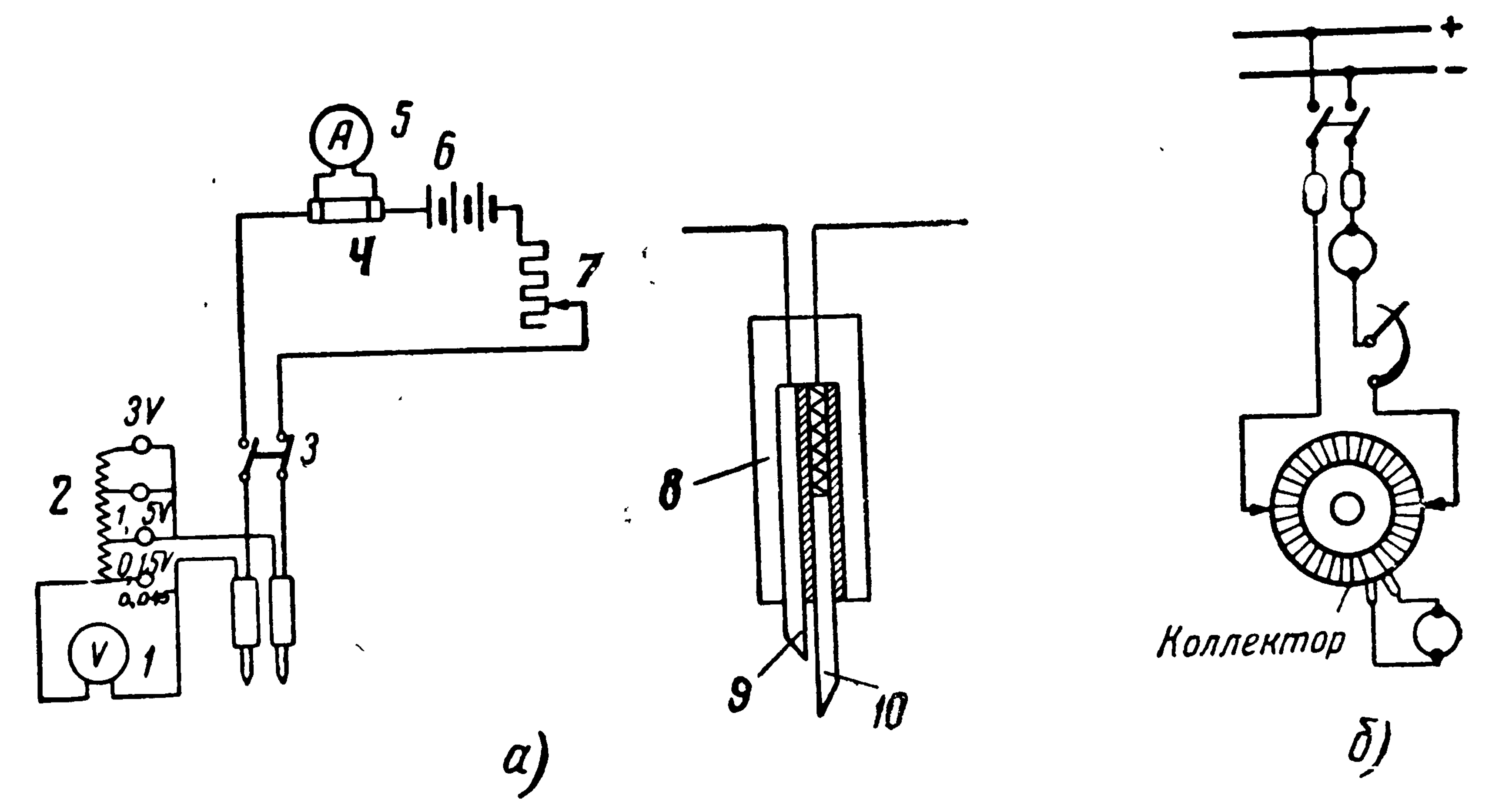



Рис. 137. Аппарат для проверки обмоток якорей:
*а* — схема аппарата, *б* — схема проверки якоря

неправильное соединение концов катушек с пластинами коллектора.

На рис. 137,*а* дана схема аппарата для проверки качества контактов в обмотке якоря. Он состоит из аккумуляторной батареи *6* напряжением 8—12 *в* и силой тока 5—10 *а*, регулировочного реостата *7*, двухполюсного рубильника *3*, точного миллиамперметра *5* с шунтом *4* для токов от 1 до 10 *а*, милливольтметра *1* на 45—150 *мв* с добавочными сопротивлениями *2* и щупов *8* специальной конструкции. Каждый щуп имеет два стержня: один удлиненный *10* для соединения с источником питания, второй укороченный *9* для присоединения милливольтметра. Удлиненный стержень снабжен пружиной и во время нажатия уходит внутрь рукоятки. При этом он дает возможность включиться короткому неподвижному стержню. В случае ослабления нажатия удлиненный стержень под действием пружины снова выступает из рукоятки, а короткий стержень отключается раньше удлиненного. Этим устраняется возможность порчи прибора при случайном нарушении контактов во время измерения.

Применение простых щупов, у которых токоподводящий провод и провод от милливольтметра припаяны к одному стержню, приводит к тому, что в момент случайного соскакивания щупа милливольтметр получает полное напряжение батареи и в большинстве случаев перегорает.

Проверка качества контактов производится следующим образом. Регулировочный реостат *7* устанавливают на наибольшее сопротивление, включают рубильник *3* и накладывают щупы *8* на две рядом лежащие коллекторные пластины, с торца коллектора. Затем нажимают щупы и измеряют падение напряжения, переходя от пластины к пластине по всей окружности коллектора. Величина тока при всех измерениях не должна отклоняться более чем на 10% для машин общего применения и на 5% для крупных машин ответственного назначения. Реостатом *7* устанавливают такой ток, чтобы отклонения стрелок приборов *1* и *5* можно было легко наблюдать. Одновременно производится проверка обмотки на междувитковые замыкания и обрывы. Если в катушке есть короткозамкнутые витки, то сопротивление ее меньше сопротивления остальных катушек и отклонение стрелки вольтметра меньше. При обрыве обмотки между двумя коллекторными пластинами стрелка милливольтметра совсем не отклонится.

Для проверки правильности соединений катушек с пластинами коллектора подводят постоянный ток к двум пластинам (рис. 137, *б*), а милливольтметр поочередно присоединяют к каждой паре соседних коллекторных пластин. При петлевой обмотке ток подводят к двум диаметрально расположенным пластинам коллектора, а при волновой обмотке к двум пластинам, отстоящим одна от другой на величину полюсного деления. Если стрелка милливольтметра на одной из пар коллекторных пластин отклоняется в обратную сторону, это указывает на то, что концы катушки при соединении их с коллектором перехлеснуты.

Для обнаружения соединения обмотки с корпусом надо все коллекторные пластины обвязать медной проволокой и один конец от мегомметра присоединить к коллектору, а другой — к валу.

Витковые замыкания в полюсных катушках обнаруживаются путем измерения сопротивления отдельных катушек. Кроме того, катушки с большим числом замкнутых витков будут холоднее других, что можно определить на ощупь после работы машины.

## § 3. РЕМОНТ ОБМОТОК СТАТОРА

Асинхронные и синхронные машины имеют одинаковое устройство статора и схемы обмоток, поэтому методы ремонта статорных обмоток, описанные в этом параграфе, относятся как к асинхронным, так и к синхронным машинам. Эти машины наи-

более распространены в электрооборудовании промышленных предприятий.

Как было сказано в главе III, в электромашиностроительной промышленности асинхронные двигатели изготовляют единой серии, которая заменяет ряд старых разрозненных серий двигателей. Это дает большие преимущества заводам, изготовляющим эти двигатели. Но особенно сильно сказывается внедрение единой серии на ремонте обмоток. В старых сериях применялись обмотки разных типов, изоляционные материалы, обмоточные провода разных марок и размеров. В единой серии асинхронных двигателей мощностью от 1 до 100 *квт* применяется только всыпная обмотка с мягкими катушками из круглого провода ПЭЛБО. Применены единая конструкция изоляции и технология пропитки. Один и тот же провод применяется в нескольких типах двигателей разной мощности путем изменения числа параллельных проводов и параллельных ветвей обмотки. Благодаря этому номенклатура проводов для всех двигателей основного исполнения серии ограничивается 20 диаметрами.

Значительно усовершенствован процесс ремонта обмоток двигателей единой серии. Все ремонтные цехи и заводы имеют обмоточные данные двигателей, и замена проводов производится только в случае временного отсутствия провода данного диаметра. Известны размеры катушек для двигателей всех типов, что дает возможность заранее подготовить универсальные шаблоны, используемые при намотке катушек. Все это привело к тому, что ремонт обмоток статора двигателей единой серии осуществляется в условиях, близких к производству обмоток на выпускающих заводах. Стоимость ремонта значительно снизилась, а качество ремонтируемых двигателей поднялось.

Перед ремонтом необходимо точно определить характер неисправности поступившего двигателя, что позволяет правильно организовать ремонт, провести его в кратчайшие сроки и обеспечить высокое качество отремонтированного двигателя. В зависимости от размеров повреждения, состояния поврежденной части и возможности остановки агрегата на более или менее длительный срок производят частичное или полное восстановление обмотки. Перед разборкой двигателя следует проверить правильность маркировки одним из способов, описанных в главе IX. Иногда в ремонт поступают двигатели с исправными обмотками, которые плохо работают только из-за неправильного включения в сеть трехфазного тока. В некоторых случаях можно пустить машину временно до капитального ремонта после выключения пробитых или замкнутых катушек.

Неисправности обмоток статора могут заключаться в следующем: а) соединение между катушками разных фаз, б) замыкание между витками катушки, в) обрывы в обмотке, г) соединение обмотки с корпусом и д) неправильное соединение катушек в фазе или соединение фаз.

Для того чтобы найти замыкания между катушками разных фаз, надо разъединить выводные концы фаз и проверить контрольной лампой или при помощи мегомметра каждую пару фаз. Если такое замыкание есть, лампа загорится. Чтобы найти места соединения, надо разъединить катушки в фазе и провести аналогичную проверку между отдельными катушками. Если соединение между фазами произошло вследствие общего старения изоляции, необходимо произвести полную перемотку статора.

Замыкание между витками катушки является наиболее частым дефектом. Оно может быть вызвано повреждениями витковой изоляции при укладке катушек в пазы или при намотке катушек. Междувитковые замыкания обнаруживаются по силь-

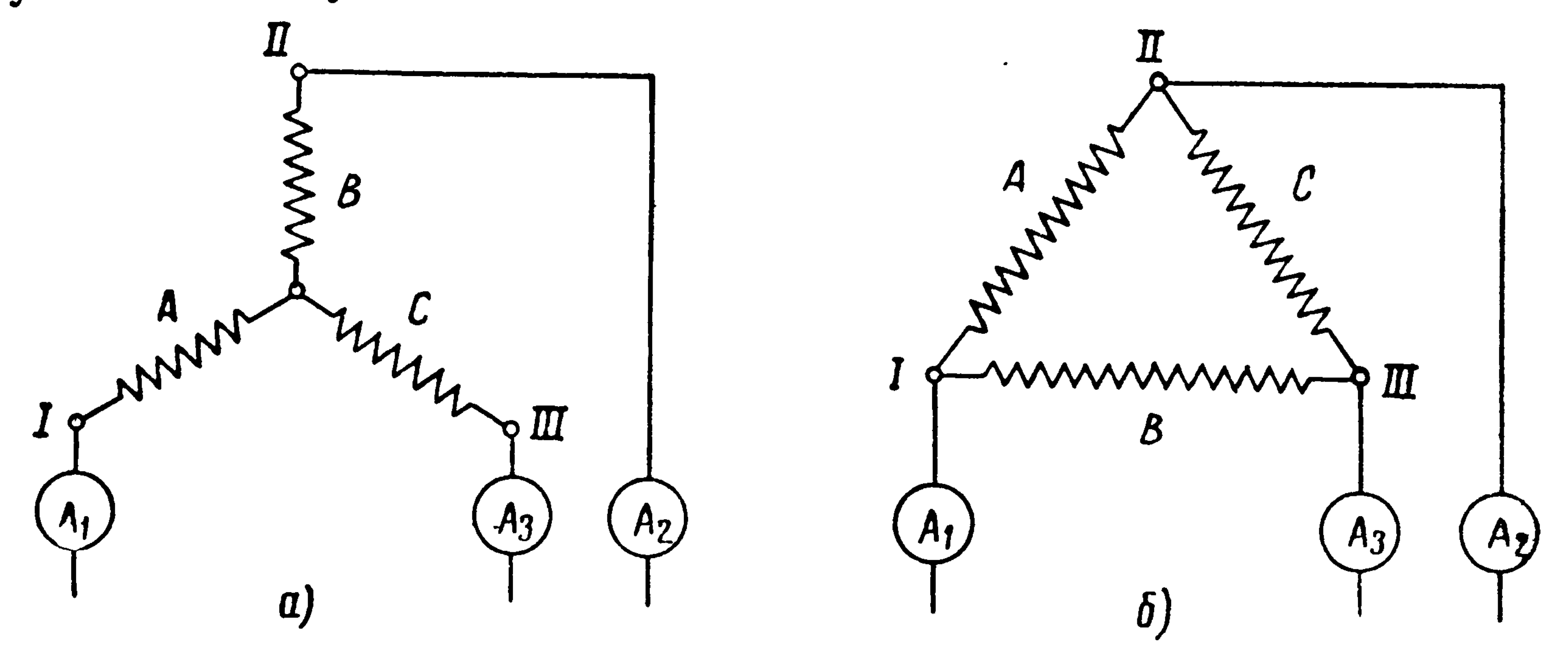



Рис. 138. Проверка обмотки статора:
*а* — соединенной в звезду, *б* — соединенной в треугольник

ному нагреву замкнутых витков, который начинается сразу после включения статора под напряжение и сопровождается появлением дыма при обугливании изоляции. Однако не следует доводить катушки до сильного нагрева, так как портится изоляция этих, а также соседних, катушек. Поэтому обмотку с короткозамкнутыми витками надо испытать для определения неисправных катушек.

Наряду со сложными аппаратами для проверки обмоток успешно применяются простейшие методы, разработанные передовиками производства. В качестве примера можно привести проверку обмотки при помощи трех амперметров. Статор питают переменным током пониженного напряжения, а во все линейные провода включают амперметры. При соединении звездой (рис. 138, *а*) ток в фазе *А*, имеющей витковые замыкания, будет больше, чем токи в других фазах. При соединении треугольником (рис. 138, *б*) и наличии витковых замыканий в фазе *В* амперметры $A_1$ и $A_3$ покажут бóльшие токи, чем амперметр $A_2$.

На рис. 139 показано устройство простого прибора для определения витковых замыканий.

Прибор состоит из шарикоподшипника *5*, надетого на ручку *1*

из изоляционного материала и зажатого за внутреннее кольцо между двумя текстолитовыми дисками *2* при помощи винта *4* и шайбы *3*. Кольцо подшипника может свободно вращаться. Текстолитовые диски выступают над наружным кольцом шарикоподшипника на 0,3—0,5 *мм*. Испытание статора с вынутым ротором производится следующим образом. К зажимам статора подают пониженное напряжение трехфазного тока, составляющее 15—25% от номинального. Прибор вставляют в расточку статора так, чтобы текстолитовые диски опирались на внутреннюю поверхность статора. Кольцо шарикоподшипника при этом начинает вращаться под действием вращающегося магнитного поля статора. При наличии короткозамкнутых витков кольцо

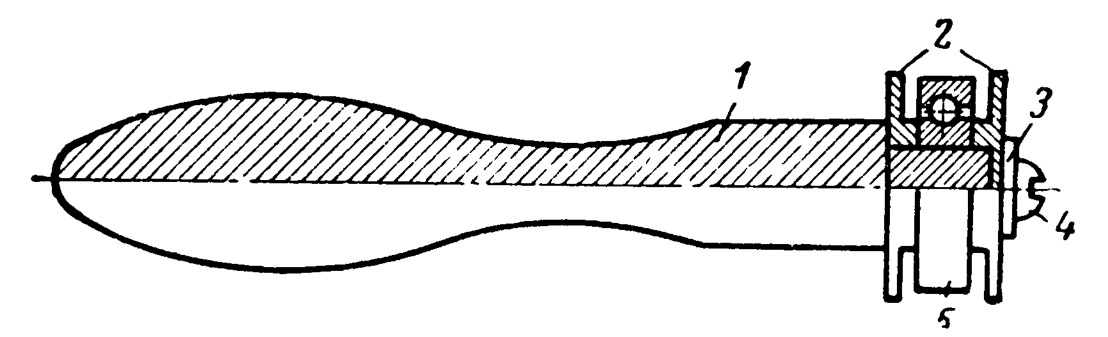



Рис. 139. Прибор для проверки обмоток статора

подшипника остановится против тех пазов, в которых лежат катушки с замкнутыми витками. Этим же прибором можно проверить и правильность соединения фаз. Если соединение правильное, кольцо подшипника вращается в одном направлении при обходе всей окружности статора. Если же при соединении перепутаны начала и концы фаз, то кольцо подшипника на разных участках окружности изменяет направление вращения.

Обрывы встречаются только в статорных обмотках из тонкого провода и легко могут быть обнаружены при помощи контрольной лампы, проводники от которой присоединяют к началу и концу испытываемой фазы, отключенной от других фаз. В обмотках с большим сечением проводов обрыв в фазе обычно происходит вследствие распайки соединения между катушками или между стержнями в стержневых обмотках. Распайка может произойти от увеличенного сопротивления места пайки при недоброкачественном ее выполнении или вследствие перегрева мест пайки при перегрузке машины. Места пайки проверяют методом падения напряжения аналогично показанному на рис. 137.

Соединение обмотки с корпусом машины может произойти вследствие пробоя изоляции или прокола изоляции отогнувшимися листами зубцов статора. Соединение обмотки с корпусом обнаруживается с помощью мегомметра или контрольной лампы. Для того чтобы обнаружить место замыкания, надо распаять междуфазовые, а затем междукатушечные соединения. У небольших машин место замыкания на корпус через отогнувшиеся листы зубцов можно обнаружить без распайки соединений. При наличии замыкания будет гореть контрольная лампа.

Ударами молотка по деревянной колодке надо осадить распушенные зубцы. Погасание лампы покажет, в каком зубце произошло замыкание.

Неправильное соединение фаз может быть вызвано ошибками в маркировке выводов. Маркировку следует проверить одним из способов, изложенных в главе IX.

В процессе ремонтных работ встречаются случаи, когда приходится изменять технические данные ремонтируемой машины или восстанавливать их при отсутствии старой обмотки и паспорта. Всякое изменение технических данных связано с переделкой обмоток. Данные обмотки определяются соответствующими расчетами. В этой главе приводятся расчеты обмоток при переделке асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором на другое напряжение и на другую скорость вращения, а также определение технических данных асинхронного двигателя, поступившего в ремонт без паспорта и остатков старой обмотки.

Переделка асинхронного двигателя на другое напряжение может потребоваться в случае изменения системы электроснабжения предприятия с использованием установленных двигателей. При всех расчетах асинхронных двигателей надо знать фазное напряжение, которое зависит от линейного напряжения и от схемы соединения фаз. Например, у двигателя, выпущенного заводом на 127/220 *в*, с линейным напряжением 127 *в* и соединением обмотки статора в треугольник фазное напряжение будет также 127 *в*; при линейном напряжении 220 *в* и соединении обмотки в звезду фазное напряжение будет 220 : 1,73 = 127 *в*. У двигателя на 500 *в* с обмоткой, соединенной в звезду, фазное напряжение будет 500 : 1,73 = 289 *в*. Токи, потребляемые двигателями, при питании от сетей с разными линейными напряжениями изменяются обратно пропорционально напряжениям. Например, если двигатель, питаемый от сети с напряжением 220 *в*, потреблял ток 14 *а*, то при питании от сети с напряжением 380 *в*, с переключением обмотки на звезду ток двигателя снизится в 1,73 раза и будет 8,1 *а*.

При переделке двигателя на другое напряжение число витков обмотки изменяется прямо пропорционально фазному напряжению, а сечение проводников обмотки изменяется обратно пропорционально ему.

Пример 1. Асинхронный двигатель единой серии А52/4 мощностью 7 *квт* со скоростью вращения 1440 об/мин, напряжением 220/380 *в* при токе 24,2/14 *а* пересчитать на линейное напряжение 500 *в*. Обмоточные данные двигателя: провод марки ПЭЛБО, диаметр голого провода 1,4 *мм*, число эффективных проводов в пазу 22; катушки намотаны в два параллельных провода; общее число проводов в пазу 44; обмотка однослойная; площадь паза 206 *мм*$^2$; число пазов статора 36.

Фазное напряжение двигателя до перемотки было 220 *в*. После перемотки фазное напряжение будет 500 : 1,73 = 289 *в*. Следовательно, число витков фазы должно увеличиться в таком отношении, в каком изменено напряжение,

289 : 220 = 1,31 раза. В такой же пропорции должно возрасти число эффективных проводников в пазу, которое после перемотки будет 22 $\times$ 1,31 = 29 проводников, а всего в пазу 29 $\times$ 2 = 58 проводников.

Теперь определим, какой диаметр провода потребуется для перемотки статора. По табл. 6 находим сечение провода диаметром 1,4 *мм*; оно равно 1,539 *мм*$^2$. При перемотке сечение надо убавить в 1,31 раза и оно составит 1,18 *мм*$^2$. Из табл. 6 узнаем, что этому сечению соответствует диаметр провода 1,2 *мм*.

Для того чтобы заказать новый провод, надо знать его вес. Сначала определим общую длину провода. С этой целью измерим длину одного витка старой обмотки, которая оказалась равной 680 *мм*. Чтобы узнать всю длину провода, надо длину витка умножить на число проводов в пазу и на число пазов, а затем разделить на 2, так как виток образует 2 провода. Таким образом, общая длина провода равна 0,68 $\times$ 58 $\times$ 36 : 2 = 710 *м*. По табл. 6 находим, что вес 1 *км* провода диаметром 1,2 *мм* составляет 10 *кг*. Следовательно, весь провод обмотки будет весить 0,71 $\times$ 10 = 7,1 *кг*. Для учета веса изоляции провода умножим эту цифру на коэффициент 1,02 и закажем 7,25 *кг* провода.

При каждом пересчете обмотки проверяют коэффициент заполнения паза. Из обмоточных данных двигателя известно, что площадь паза равна 206 *мм*$^2$. Для определения площади паза за вычетом пазовой изоляции и клина надо разделить 206 *мм*$^2$ на 1,3; получим 159 *мм*$^2$. Коэффициент заполнения паза определяется по формуле

$$k = \frac{N \cdot d_{из}^2}{F},$$

где $d_{из}$ — диаметр изолированного провода, а $F$ — площадь паза за вычетом пазовой изоляции и клина. По табл. 7 находим диаметр провода ПЭЛБО с изоляцией 1,2 + 0,21 = 1,41 *мм*. Коэффициент заполнения паза

$$k = \frac{58 \cdot 1{,}41^2}{159} = 0{,}72.$$

Если коэффициент заполнения не превышает 0,75, то проводники могут быть уложены в пазы.

Переделка асинхронного двигателя на другую скорость вращения часто производится в целях повышения производительности оборудования. Изменение скорости вращения, как видно из формулы $n = \frac{3000}{p}$, достигается изменением числа пар полюсов обмотки статора $p$. Это, в свою очередь, ведет к изменению числа пазов на полюс и фазу, шага обмотки по пазам и числа витков на фазу. С изменением скорости вращения изменяется и мощность двигателя, а следовательно, и сечение проводов обмотки. Переделку двигателя на другую скорость вращения рассмотрим на примере.

Пример 2. Требуется перемотать обмотку двигателя единой серии А-61/6, имеющего мощность 7 *квт* при 970 об/мин и напряжение 220/380 *в* на скорость вращения, бо́льшую в полтора раза. Обмоточные данные двигателя: провод ПЭЛБО с диаметром 1,2 *мм*, число витков в фазе 216, обмотка двухслойная намотана в два параллельных провода, число пазов статора 36, шаг обмотки 1—6, площадь паза 296 *мм*$^2$. Размеры сердечника статора: наружный диаметр $D_a$ = 327 *мм*, внутренний диаметр $D$ = 200 *мм*, длина статора $l$ = 75 *мм*, глубина паза $h_п$ = 29 *мм* (рис. 140).

Магнитный поток статора пронизывает площадь полюсного деления, которая определяется по формуле

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot D \cdot l}{2p} \text{ мм}^2.$$

При переходе на повышенную скорость вращения придется изменить число полюсов $2p$ с 6 на 4. Как видно из формулы, площадь полюсного деления при этом увеличится в полтора раза, так как размеры сердечника статора после перемотки останутся прежними.

Число витков в фазе обмотки определяется по формуле

$$w = \frac{N_э \cdot z}{6},$$

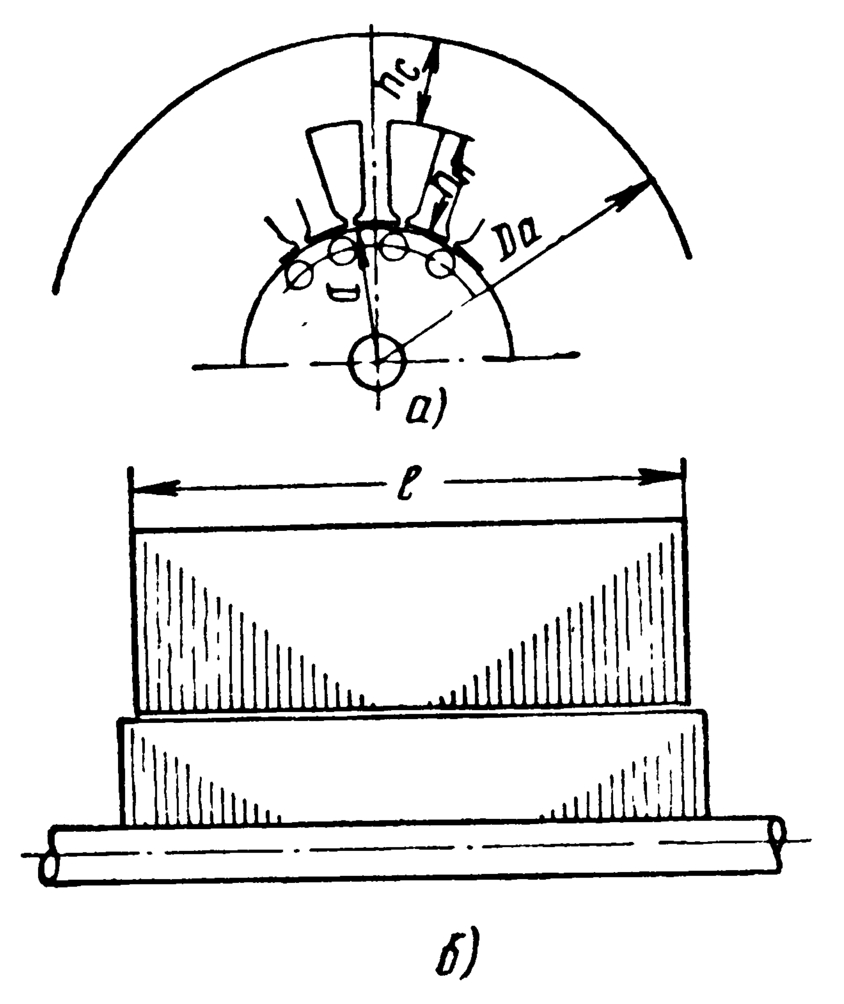



Рис. 140. Размеры магнитной цепи асинхронного двигателя:
*а* — поперечный разрез, *б* — продольный разрез

где $N_э$ — число эффективных проводников в пазу, $z$ — число пазов статора. При переделке двигателя число витков в фазе придется уменьшить в полтора раза, так как оно обратно пропорционально площади полюсного деления, поэтому $w = 216 : 1{,}5 = 144$ витка в фазе.

Но уменьшение числа витков в фазе вызовет увеличение индукции в сердечнике статора, которая подсчитывается по формуле

$$B = \frac{10^8}{2 \cdot h_c \cdot l \cdot w},$$

где $h_c$ — высота спинки статора; ее можно определить по формуле

$$h_c = \frac{D_a - D}{2} - h_n.$$

Индукция при пересчете должна быть не выше 12000 гауссов.

Для данного двигателя

$$h_c = \frac{327 - 200}{2} - 29 = 34{,}5 \text{ мм} = 3{,}45 \text{ см},$$

а индукция в сердечнике статора

$$B = \frac{10^8}{2 \times 3{,}45 \times 7{,}5 \times 144} = 13\,500 \text{ гауссов}.$$

Как видно, индукция в сердечнике статора слишком велика. Чтобы ее снизить до 11 500 гауссов, т. е. на $^1/_6$, увеличим число витков тоже на $^1/_6$, т. е. на 24 и доведем это число до 168. При переделке двигателя на бóльшую скорость вращения всегда повышается индукция в сердечнике статора. Поэтому при большом увеличении скорости приходится увеличивать спинку статора, беря другие штампованные листы. Число эффективных проводников в пазу определяется по формуле

$$N_э = \frac{6 \times w}{z} = \frac{6 \times 168}{36} = 28.$$

Получилось число целое и четное, что необходимо для выполнения двухслойной обмотки. При новом числе полюсов шаг обмотки по пазам

$$y_z = \frac{36}{4} = 9.$$

Возьмем укороченный шаг $y_z = 7$, т. е. 1—8 (из первого паза в восьмой).

Проверим коэффициент заполнения паза. Площадь паза за вычетом пазовой изоляции и клина

$$F = \frac{296}{1,3} = 228 \text{ мм}^2.$$

Диаметр изолированного провода ПЭЛБО $d_{из} = 1,4 + 0,21 = 1,61$ *мм*. Коэффициент заполнения $k = \frac{28 \times 1,61^2}{228} = 0,64$.

Измерим длину одного витка, которая равна 0,56 *м*. Общая длина провода $L = 0,56 \times 2 \times 3 \times 168 = 565$ *м*. По табл. 6 вес 1 *км* провода составляет 13,69 *кг*. Вес голого провода для обмотки статора $13,69 \times 0,565 = 7,6$ *кг*, а с учетом изоляции $7,6 \times 1,02 = 7,8$ *кг*.

Пример 3. Определить обмоточные данные двигателя старого типа, поступившего в цех без обмотки и без таблички мощности. Обмотку статора следует выполнить на напряжение 220/380 *в* с числом полюсов $2p = 6$. При обмере статора получены следующие данные: внутренний диаметр статора $D = 400$ *мм*; длина статора $l = 240$ *мм*; высота спинки $h_c = 74,5$ *мм*; площадь паза $F_n = 700$ *мм*²; число пазов $z = 54$.

Площадь полюсного деления $Q = \frac{3,14 \times 40 \times 24}{6} = 500 \text{ см}^2$.

Для определения числа витков на фазу воспользуемся графиком на рис. 141. По горизонтали отложены площади полюсных делений, а по вертикали числа витков в фазе при фазном напряжении 220 *в*. При других напряжениях число витков изменяется пропорционально напряжению. График содержит три наклонных линии, из которых верхняя *1* относится к двигателям старых типов, нижняя *3* к двигателям новых серий, а средняя *2* к двигателям неизвестного выпуска.

Пользуясь наклонной линией *1*, определяем число витков в фазе, равное 50, и проверяем магнитную индукцию в сердечнике статора:

$$B = \frac{10^8}{2 \times 7,45 \times 24 \times 50} = 5600 \text{ гауссов}.$$

Число эффективных проводников в пазу

$$N_э = \frac{6 \times 50}{54} = 5,55.$$

Для выполнения двухслойной обмотки принимаем $N_э = 6$. Определяем сечение паза, занятое проводниками:

$$\frac{700}{1,3} = 540 \text{ мм}^2.$$

Примем коэффициент заполнения паза $k = 0,7$ и диаметр провода 2,26 *мм*. По табл. 7 находим толщину изоляции для провода ПБД:

$$d_{из} = 2,26 + 0,27 = 2,53 \text{ мм}.$$

Определяем общее число проводников в пазу

$$N = \frac{0,7 \times 540}{2,53^2} = 60.$$

Таким образом, каждый эффективный провод состоит из 10 параллельных проводников. Сечение эффективного проводника по табл. 6

$$4,01 \times 10 = 40,1 \text{ мм}^2.$$

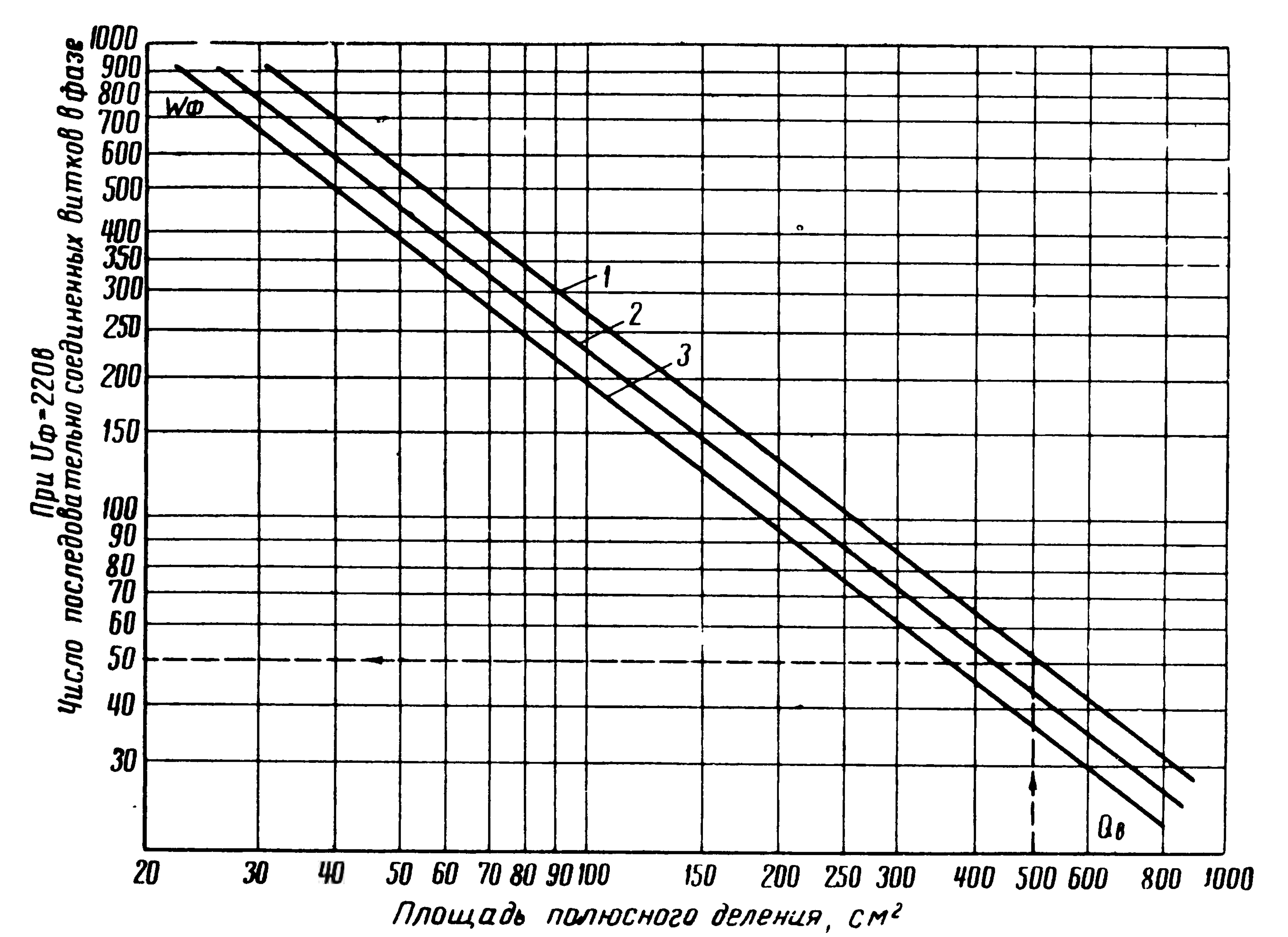



Рис. 141. График для определения числа витков в фазе

Приняв плотность тока в обмотке статора 3,5 *мм²*, определим ток статора

$$I = 40{,}1 \times 3{,}5 = 140 \text{ } a.$$

По формуле мощности трехфазного тока найдем кажущуюся мощность двигателя

$$P = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 140}{1000} = 92 \text{ } квт.$$

По каталогу находим для аналогичных двигателей к. п. д. Он равен 0,91,

$$\cos \varphi = 0{,}88.$$

Полезная мощность двигателя

$$P = 92 \times 0{,}91 \times 0{,}88 = 74 \text{ } квт.$$

## § 4. РЕМОНТ ОБМОТОК РОТОРА

Неисправности обмоток фазного ротора могут заключаться в следующем: а) соединение между катушками разных фаз, б) замыкание между витками катушки, в) обрывы в обмотке, г) соединение обмотки с корпусом, д) неправильное соединение катушек в фазе или фаз в треугольник или в звезду. Эти неисправности обнаруживают теми же способами, что и неисправности обмоток статора.

Обмотки ротора асинхронных двигателей разделяются на катушечные и стержневые. Первые применяются в единой серии асинхронных двигателей мощностью до 100 *квт,* а стержневые в двигателях большей мощности. При ремонте обмотки, прежде чем вынимать катушки из пазов, нужно выяснить схему обмотки, расположение начал и концов фаз на роторе, а также расположение соединений между катушечными группами. Изменение схемы соединений в процессе ремонта даже при соблюдении условий электрической симметрии может повести к нарушению балансировки ротора. Частичное нарушение балансировки может произойти и при сохранении схемы. Поэтому в конце ремонта ротор подвергают хотя бы статической балансировке.

При выполнении ремонта стержневых обмоток ротора надо снять с обмотанного ротора схему обмотки (особенно внимательно при большом числе стержней и полюсов), а также записать шаг обмотки со стороны выводов и с противоположной стороны ротора, расположение начал и концов фаз и перемычек. На концах стержней после зачистки выбивают номера пазов, из которых стержни были вынуты; на роторе надо отметить характерные для схемы пазы путем выбивания цифр на поверхности ротора, чтобы при сборке обмотки после ремонта не нарушить ни механической, ни электрической симметрии. Записав обмоточные данные для составления схемы обмотки, их проверяют путем составления обмоточной таблицы. При этом могут быть об-

наружены ошибки, допущенные при снятии схемы с обмотанного ротора.

Хомутики, соединяющие стержни верхнего и нижнего слоя, распаивают при помощи паяльника. Снятые хомутики осматривают и решают вопрос о повторном их использовании. После снятия хомутиков необходимо очистить концы стержней от наплывов припоя, иначе их будет трудно вытаскивать из пазов. Затем приступают к разгибанию лобовых частей. Стержни вынимают из пазов в сторону, противоположную выводам, поэтому разгибание лобовых частей делают со стороны выводов. При этом снимают размеры как с нормальных, так и с укороченных или удлиненных стержней. Во время разгибания нельзя сразу выпрямить лобовую часть первого стержня, так как рядом с ним находятся лобовые части других стержней. Поэтому первый стержень разгибают лишь настолько, насколько позволяет расстояние между стержнями. Второй стержень может быть разогнут на двойную величину, третий на тройную и т. д. Так обходят окружность ротора до тех пор, пока лобовые части всех стержней не будут выпрямлены.

При загибке и разгибке стержни становятся хрупкими и могут дать трещины. Поэтому после снятия изоляции их отжигают с нагревом до 400° и охлаждают в воде. Поврежденные стержни должны быть заменены новыми, при отсутствии меди соответствующего размера трещины запаивают твердым припоем. Мелкие повреждения и выгоревшие места до 5% сечения стержня можно наплавить мягким припоем, чтобы защитить гильзы от разрывов краями углублений в стержне. Приготовленные стержни сортируют и раскладывают согласно выбитым на них номерам. Укладка стержней в пазы при ремонте производится со стороны выводов. Каждый стержень должен быть вставлен в тот паз, из которого он был вынут, так как иначе к перемычкам и выводам пойдут стержни с лобовыми частями более длинными, чем требуется, а оставшиеся стержни с укороченными лобовыми частями не дадут возможности выдержать шаг обмотки. После укладки и загибки необходимо проверить длину вылета лобовых частей.

Ротор для ремонта устанавливают на прочные козла, желательно с роликовыми опорами, что намного облегчает его повороты при размотке и обмотке. При отсутствии роликов ротор опирают на деревянные подшипники. Под шейки вала кладут листовой свинец и густо смазывают его тавотом. Необходимо проверить горизонтальность ротора, чтобы при поворачивании он не сдвигался в осевом направлении. Сдвиг может повести к падению ротора с козел.

В обмотках короткозамкнутых роторов может быть только один недостаток, заключающийся в нарушении соединений между стержнями и замыкающими кольцами. В роторах с обмоткой из алюминия это происходит при заливке ротора, а в обмотках

из медных стержней — при сварке. Обрывы в обмотке короткозамкнутого ротора невозможно проверить измерением сопротивления стержня, так как все стержни соединены параллельно с замыкающими кольцами. Обрыв одного из стержней почти не влияет на общее сопротивление обмотки, но значительно ухудшает пусковые и рабочие характеристики асинхронного двигателя. Поэтому долгое время обрывы в стержнях короткозамкнутой обмотки определяли при пробном пуске двигателя после сборки и вся работа по сборке двигателя часто шла впустую. Лучше пользоваться аппаратом ПКР-2, схема которого показана на рис. 142. Для снижения индуктивного сопротивления

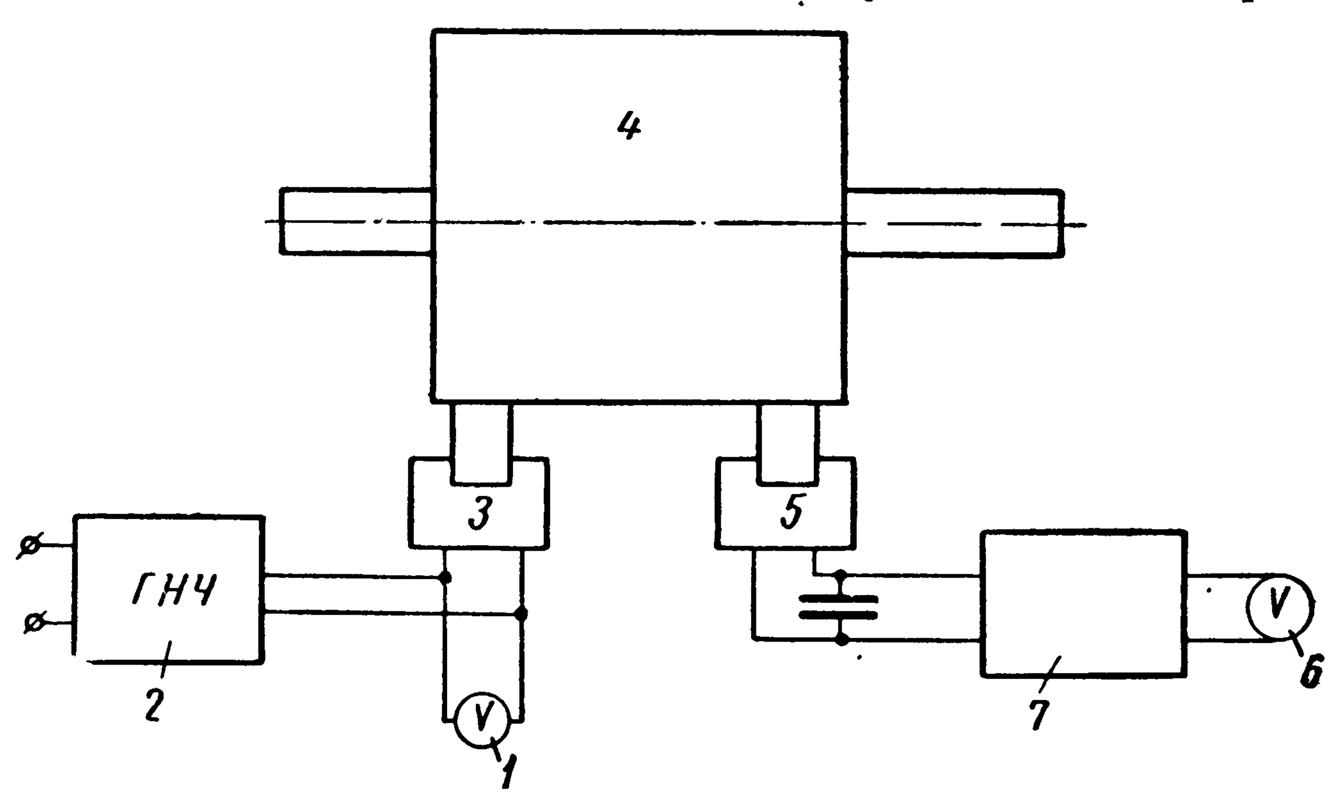


Рис. 142. Аппарат ПКР-2

стержня обмотки прибор питается от источника низкой частоты *2* порядка 5 *гц*. К испытываемому ротору *4* приставляется электромагнит *3*, к которому присоединен вольтметр *1*. К этому же стержню присоединяют концы электромагнита индикатора *5*, от которого ток через усилитель *7* идет к вольтметру *6*. По показаниям вольтметра судят об исправности стержня. Каждый стержень испытывается отдельно.

## § 5. РЕМОНТ ОБМОТОК МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

В обмотках машин постоянного тока могут быть следующие неисправности: а) замыкание между витками якорной обмотки, б) обрывы в обмотке, в) соединение якорной обмотки с корпусом, г) замыкание в обмотках полюсов.

Испытание обмотки якоря для обнаружения витковых замыканий и обрывов производится методом электромагнита (см. рис. 136), методом падения напряжения (см. рис. 137) или с помощью аппарата СМ-1 (см. рис. 134).

При большом числе междувитковых замыканий обмотка должна быть перемотана с заменой изоляции. Если же число зам-

кнутых секций или витков катушек невелико, а изоляция обмотки не пришла в негодность, то можно отключить замкнутые секции. Это даст возможность быстрей выпустить машину из ремонта, а при очередном текущем ремонте сделать полное восстановление обмотки. На рис. 143, *а* показано замыкание одного витка в четырехвитковой секции обмотки якоря. На рис. 143, *б* пунктиром показаны отключенные витки, концы которых изолированы, чтобы избежать образования в обмотке короткозамкнутых контуров, поэтому вместо одного пришлось отключить два витка.

Обрывы в обмотках якоря бывают двух видов. В обмотках из тонкого провода при сильном натяжении бандажей и отсутствии у лобовых частей поддержки в виде обмоткодержателей могут оборваться проводники обмотки у коллектора или в местах выхода из пазов якоря. В обмотках из проводов прямоугольного

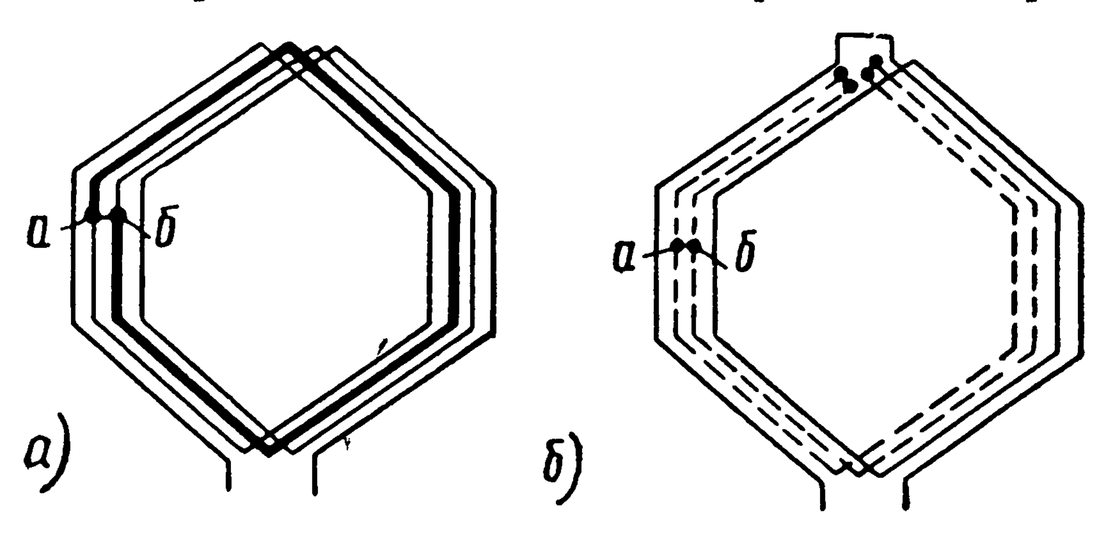



**Рис. 143. Отключение замкнутых витков обмотки якоря:**

*а* — замкнутые витки, *б* — отключение замкнутых витков

сечения обрыв в цепи якоря происходит вследствие распаивания соединений обмотки с коллектором, а в разрезных обмотках— также распаивания хомутиков со стороны, противоположной коллектору.

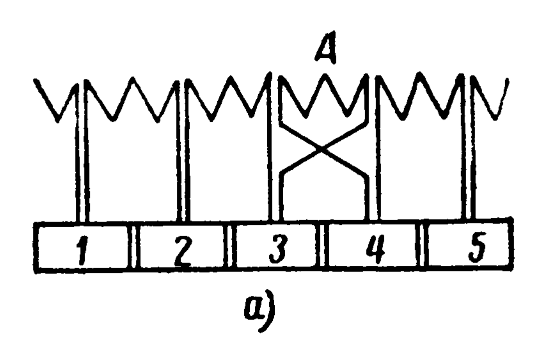
Обрывы в обмотке якоря могут быть обнаружены при работе машины по следующим признакам. У генераторов затрудняется процесс самовозбуждения, а двигатели имеют пониженное число оборотов. Появляется искрение на коллекторе у тех пластин, которые соединены с секциями, имеющими обрывы. Если обмотка имеет уравнительные соединения, то подгорают также коллекторные пластины, соединенные с оборванными секциями уравнительными соединениями. В волновой обмотке при наличии одного обрыва будет подгорать число пластин, соединенных одним обходом обмотки, равное числу пар полюсов. В случае обрыва одной секции она может быть отключена так же, как секции, имеющие соединение с корпусом.

Чтобы обнаружить соединение обмотки с корпусом, надо все коллекторные пластины обвязать медной проволокой, один конец от мегомметра присоединить к коллектору, а другой — к валу. Соединение с корпусом чаще всего наблюдается в месте

выхода проводников из пазов и устраняется путем вкладывания кусочков миканита или электрокартона в пазы с торца якоря.

Наблюдается несколько разновидностей неправильного соединения концов обмотки якоря с коллектором. Наиболее часто встречающиеся из них в петлевых обмотках показаны на рис. 144. Неправильные соединения имеют место в обмотках из круглого тонкого провода, концы которых легко могут поменяться местами при укладке в прорези коллекторных пластин.

На рис. 144, *а* показан так называемый «крест», при котором концы секции поменялись местами. Электродвижущая сила такой секции направлена встречно по отношению к соседним, что вызывает искрение на коллекторе. Ввиду нарушения симметрии между параллельными ветвями обмотки появляются уравнительные токи. Эта неисправность не может быть выявлена методом падения напряжения, так как напряжение между пластинами коллектора *3* и *4* остается таким же, как и при правильном соединении секций с коллектором. Для обнаружения «креста» в петлевой обмотке к двум противоположным пластинам коллектора подводят постоянный ток и обводят вокруг якоря магнитную стрелку, в качестве которой может служить стальное перо, подвешенное на нити. Стрелку подводят к каждому пазу. Если секция включена неправильно, то магнитная стрелка повернется другим концом.



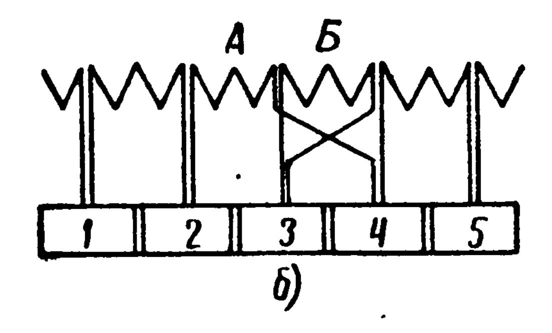




Рис. 144. Перекрещивание концов обмотки якоря:

*а* — секции *А*, *б* — секции *А* и *Б*

На рис. 144, *б* конец секции *А* вместо пластины *3* присоединен к пластине *4*, а конец секции *Б* вместо пластины *4* — к пластине *3*. При такой ошибке в соединениях секция *Б* оказалась короткозамкнутой. При проверке якоря методом падения напряжения милливольтметр не покажет напряжения между пластинами *2—3* и *3—4*, так как пластина *3* оказалась как бы изолированной от остальных пластин. Это можно обнаружить и контрольной лампой, которая покажет обрыв между этими парами коллекторных пластин. Чтобы отличить эту ошибку от замыкания между витками, надо измерить напряжение между пластинами *2* и *4*. Если прибор покажет между ними такое же напряжение, как и между другими парами пластин, то это означает, что перепутаны выводные концы секций.

Неисправности полюсных катушек в основном заключаются в замыканиях между витками (что редко встречается) и соединениях катушек с корпусом. Особенностью полюсных катушек является то, что по ним протекает постоянный ток, поэтому в короткозамкнутых витках не наводятся электродвижущие силы и

не протекают токи короткого замыкания. Катушки с замкнутыми витками не только не получают сильного нагрева, как это имеет место в статорах и якорях, а бывают даже холоднее других. Это следствие того, что при меньшем числе витков, по которым протекает ток, в них уменьшаются потери. Наиболее часто соединения между витками получаются в переходах из слоя в слой, в местах крепления выводов и в углах полюсов. Катушку, имеющую соединения с корпусом, находят следующим образом. Отключают катушки от якоря и пропускают через них постоянный ток. Один провод от вольтметра присоединяют к корпусу, а другим поочередно касаются соединительных проводов или выводных пластин катушек. Наименьшие показания вольтметра будут с обеих сторон от катушки, имеющей соединение с корпусом.

Замыкания небольшого числа витков катушки возбуждения между собой не сказываются на работе машины, особенно в случае наличия уравнительных соединений в обмотке якоря. При значительном числе замкнутых витков машина начинает искрить на коллекторе, у генератора снижается напряжение, а у двигателя возрастает скорость вращения. Катушку полюса с замкнутыми витками находят на ощупь по меньшему нагреву. Более точно витковые замыкания можно определить, надев катушку на сердечник испытательного трансформатора, первичная обмотка которого питается переменным током. В этом случае в замкнутых витках катушки потекут сильные токи короткого замыкания, катушка быстро нагреется и задымит. Чтобы надевать и снимать испытываемые катушки, верхнее ярмо трансформатора делают съемным. После обнаружения дефектной катушки устраняют повреждение и снова собирают катушки на полюса. После ремонта необходимо проверить правильность чередования полюсов при питании катушек постоянным током. При вынутом якоре перемещают магнитную стрелку по внутренней окружности полюсов, а в собранной машине стрелку подносят к головкам полюсных болтов.

## § 6. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ОБМОТОК

Обмотки электрических машин изображают на бумаге в виде схем. При составлении схем допускаются некоторые условности. Например, если катушка обмотки состоит из нескольких витков, то на схеме она изображается одной линией в виде замкнутого контура. Равным образом на схемах не показывают, из скольких параллельных проводов намотана катушка. Основное назначение схем заключается в том, чтобы показать, как катушки обмотки должны быть уложены в пазы и соединены между собой. Схемы обмоток машин трехфазного тока и обмоток машин постоянного тока имеют свои особенности, поэтому рассмотрим их отдельно.

**Обмотки машин трехфазного тока.** Для укладки катушек в пазы надо знать шаг обмотки по пазам. Его можно определить, разделив число пазов статора на число полюсов. Например, для обмотки статора, имеющего 36 пазов и 4 полюса, шаг обмотки будет 36 : 4=9. Одна сторона катушки будет лежать в пазу *1*, а другая в пазу *1+9*, т. е. в пазу *10*. Большинство современных машин выполняется с двухслойными обмотками, у которых одна сторона катушки лежит в верхнем слое, а другая в нижнем. На схемах проводники верхнего слоя изображают сплошными линиями, а проводники нижнего слоя — пунктирными. Для улучшения электрических свойств машин в двухслойных обмотках берут укороченный шаг, примерно на $^1/_5$ от нормального. В примере, приведенном выше, укороченный шаг будет не 9, а 7 и стороны катушки будут лежать в пазах *1* и *8*.

Важным показателем трехфазных обмоток является число пазов на полюс и фазу. Это число показывает, сколько катушек объединяется в катушечную группу. При 36 пазах и 4 полюсах число пазов на полюс и фазу будет $\frac{36}{4\times3} = 3$, и обмотка будет состоять из катушечных групп по три катушки в каждой группе.

На рис. 145 изображена катушечная группа этой обмотки. Верхние стороны катушек лежат в пазах *1, 2* и *3*, а нижние стороны — в пазах *8*, *9* и *10*. Пропущенные пазы в каждом слое обмотки будут заняты катушечными группами двух других фаз. Обычно вся катушечная группа наматывается непрерывным проводом и только в крупных машинах каждая катушка наматывается отдельно. Катушки, образующие катушечную группу, обычно соединяются между собой последовательно.

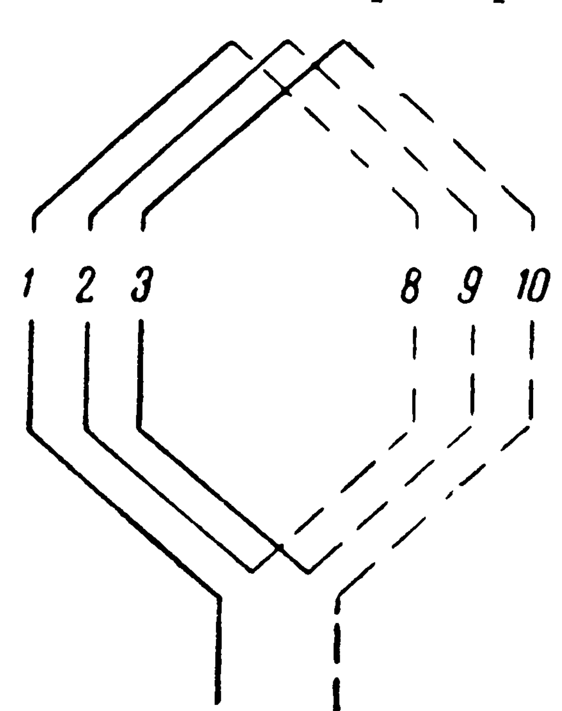


Рис. 145. Схема обмотки статора

Самым сложным процессом является соединение катушечных групп в фазах. Эти соединения выполняются по упрощенным схемам, в которых катушечная группа изображается в виде двух квадратиков. Один квадратик изображает начало катушечной группы, а другой — конец группы. Все катушечные группы нумеруются в порядке их расположения на окружности статора. Общее число катушечных групп равно произведению числа фаз на число полюсов. На рис. 146 показана схема соединения катушечных групп для четырехполюсной трехфазной обмотки, имеющей 12 катушечных групп. Начала и концы всех фаз показаны в виде трех столбиков, а их соединения изображены пунктирными линиями со стрелками. На рис. 146, *г* все катушечные группы в каждой фазе соединены между собой последовательно, а на рис. 146, *д*, — параллельно. Пользуясь такой схемой, можно легко

выполнить соединения катушечных групп. Обмотчик отгибает выводы фазы *I*, идущие от катушечных групп *1*, *4*, *7* и *10*. Начало первой катушечной группы пойдет к дощечке зажимов и будет обозначено на дощечке $C_1$. Затем конец первой катушечной группы соединяют с концом четвертой; начало четвертой группы — с началом седьмой; конец седьмой группы — с концом десятой. Начало десятой катушечной группы пойдет к дощечке зажимов, будет представлять конец первой фазы и обозначится через $C_4$. Соединения в фазах *II* и *III* выполняют аналогично.

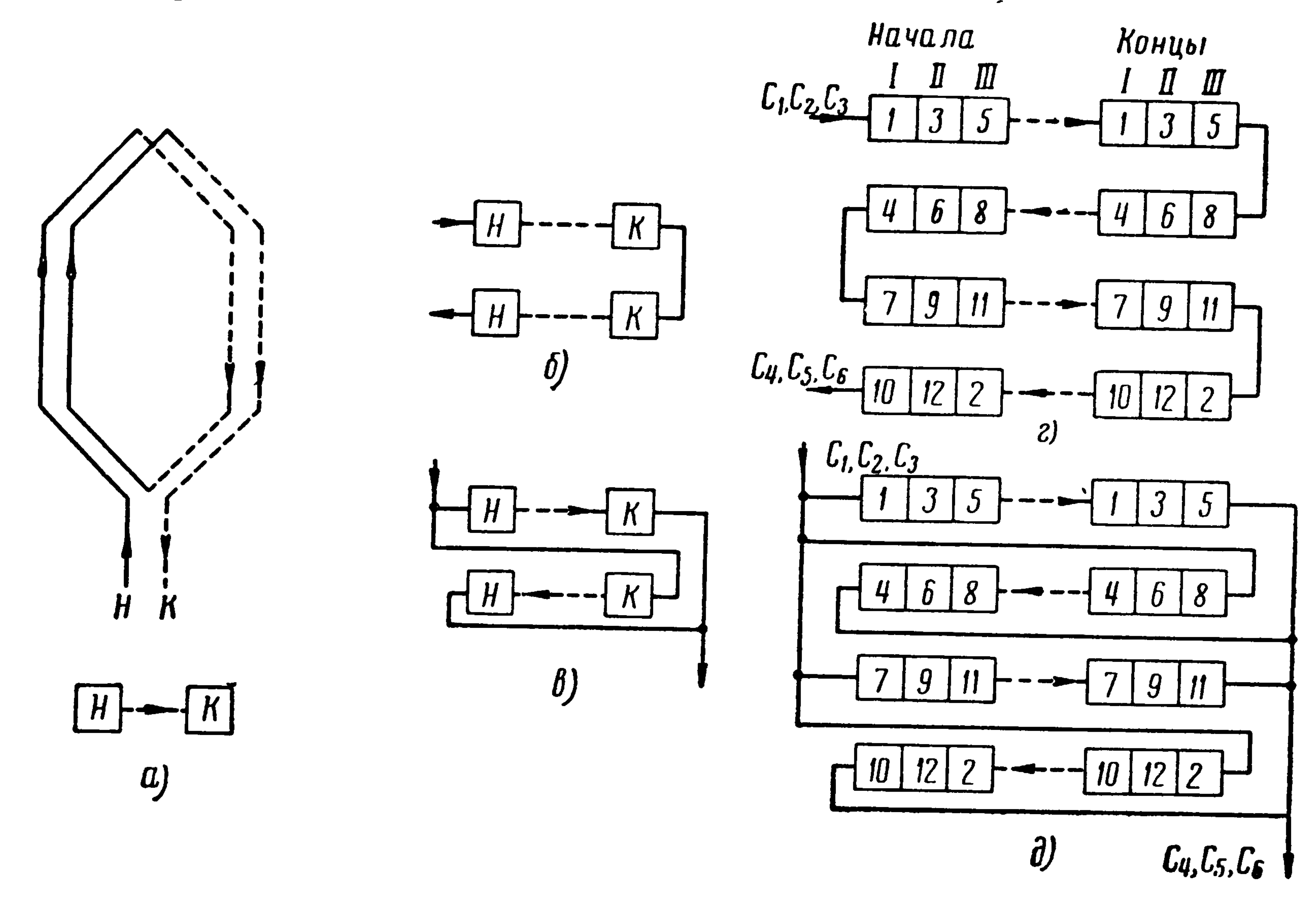



Рис. 146. Упрощенная схема обмотки статора:

*а* — схема катушечной группы, *б* — последовательное соединение двух катушечных групп, *в* — параллельное соединение двух катушечных групп, *г* — схема обмотки с последовательным соединением катушечных групп, *д* — схема обмотки с параллельным соединением катушечных групп

Перед размоткой статора или ротора для восстановления обмотки необходимо снять схему обмотки с обмотанного статора. При составлении схемы нужно знать число пазов, шаг обмотки, число полюсов и число пазов на полюс и фазу. Число пазов по окружности легко можно сосчитать после разборки машины. Например, оно составляет 90. Затем надо проследить, из какого паза в какой идут стороны одной катушки. Допустим, что они лежат в пазах *1—9*. Таким образом, шаг обмотки по пазам будет равен 8. Чтобы определить число полюсов, надо число пазов разделить на шаг обмотки по пазам. Но 90 не делится на 8, а число полюсов должно быть обязательно целое и четное. Следовательно, у этой обмотки укороченный шаг. Нормальным шагом будет ближайшее большее число, на которое делится без остатка 90. Таким числом будет 9. Разделив 90 на

9, узнаем, что обмотка имеет 10 полюсов. Число пазов на полюс и фазу будет $\frac{90}{10 \times 3} = 3$. Поэтому катушечная группа состоит из трех катушек. Определив эти данные, можно уложить катушечные группы в пазы и составить схему их соединения, аналогично рис. 147.

Пользуясь таким способом, можно составить схему для других обмотанных статоров или роторов с трехфазной двухслойной обмоткой.

**Якорные обмотки машин постоянного тока.** Нет необходимости строить полную схему для обмотки якоря, так как все катушки укладываются в пазы и соединяются с коллектором совершенно симметрично. Поэтому достаточно показать на схеме порядок соединения одной катушки. Такая схема называется п р а к т и ч е с к о й. Для составления практической схемы надо знать шаг обмотки по пазам и шаг обмотки по коллектору. Шаг обмотки по пазам определяют так же, как и для трехфазных обмоток, путем деления числа пазов на число полюсов. Если результат деления получается с дробью, то берут ближайшее целое число. Шаг по коллектору зависит от типа обмотки. Для якорей применяются две основные обмотки: п е т л е в а я и в о л н о в а я. У петлевой обмотки шаг по коллектору равен 1, т. е. выводы якорной секции присоединяются к пластинам *1—2*. Для волновой обмотки шаг по коллектору определяют по формуле

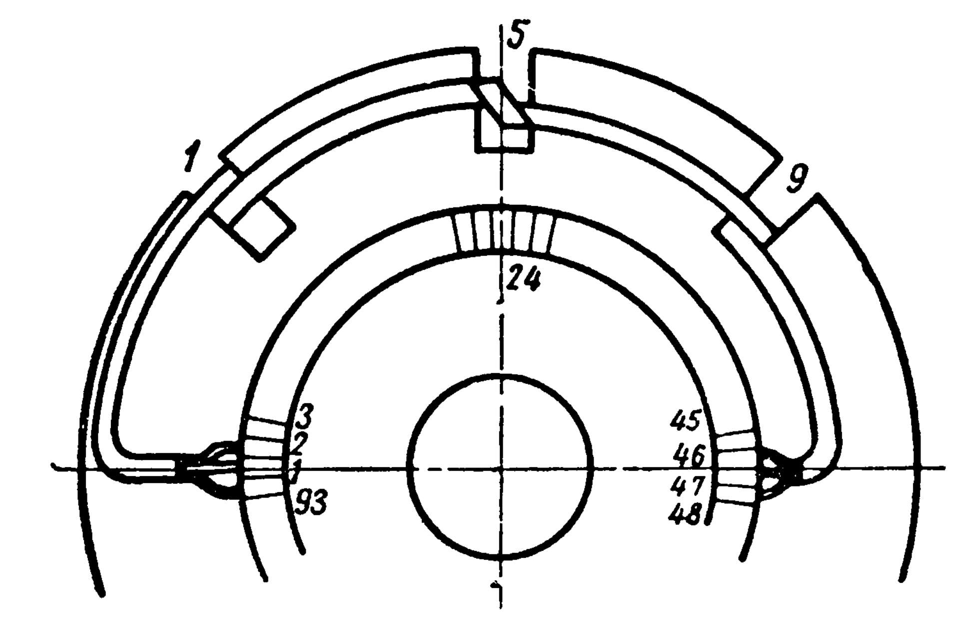


Рис. 147. Практическая схема обмотки якоря

$$y_к = \frac{K-1}{p},$$

где $K$ — число коллекторных пластин, а $p$ — число пар полюсов. Число коллекторных пластин во столько раз больше числа пазов, сколько выводных концов имеет якорная катушка с каждой стороны.

В качестве примера возьмем волновую обмотку якоря со следующими данными: число пазов 31, число полюсов 4, число выводных концов катушки 3. Сначала определим шаг обмотки по пазам. Он равен $31 : 4 = 7\frac{3}{4}$. Примем шаг равным ближайшему целому числу 8. Стороны катушки будут лежать в пазах *1—9* (рис. 147). Число коллекторных пластин у этой обмотки $K =$

$= 31 \times 3 = 93$ пластины. Шаг по коллектору $y_к = \frac{93-1}{2} = 46$, т. е. выводы секции должны быть присоединены к пластинам *1—47*.

Чтобы обмотка располагалась на якоре симметрично, надо, чтобы ось катушки проходила посредине между ее сторонами. Для данной обмотки эта ось должна пройти через паз *5* и коллекторную пластину *24*, как это показано на схеме (рис. 147). Отсчитывая от оси вправо и влево половину шага, найдем паз *1* и коллекторную пластину *1* с левой стороны, паз *9* и коллекторную пластину *47* с правой стороны от оси катушки. В эти пазы должны быть вложены пазовые части катушек, а с коллекторными пластинами соединены средние выводные концы катушек. Крайние концы соединятся с соседними коллекторными пластинами. При обмотке якоря надо следить за тем, чтобы выводы катушек соединялись с коллекторными пластинами в том же порядке, в каком они лежат в пазах, не перехлестываясь. Для проверки правильности соединений обмотчик пользуется контрольной лампой. Чтобы проверить правильность укладки первой катушки, надо прикоснуться проводниками контрольной лампы к коллекторным пластинам *1* и *47* после соединения их с обмоткой. Если контрольная лампа загорится, то соединение произведено правильно.

Для снятия схемы с обмотанного якоря надо прежде всего сосчитать число пазов по окружности. Затем необходимо проследить, в каких пазах лежат стороны одной катушки, и найти шаг обмотки по пазам. Разделив число пазов на шаг обмотки и округлив до ближайшего целого и четного числа, определим число полюсов. Если якорь вынут из машины, то число полюсов можно сосчитать на статоре. Для определения шага по коллектору надо отпаять от коллекторной пластины один проводник, соединить его с контрольной лампой, а другим концом обходить поочередно все пластины коллектора, начиная с соседних. Зажигание лампы помогает определить шаг по коллектору, а тем самым и тип обмотки.

Здесь было сказано только о простых обмотках якоря. В крупных машинах встречаются и сложные обмотки[1].

---

[1] Подробней о сложных обмотках см.: Н. В. Виноградов «Обмотчик электрических машин». Трудрезервиздат, 1958.

## Глава XIII

# МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## § 1. ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ МОНТАЖА

При монтаже оборудования применяются все инструменты, которые были описаны в главе IX. Но кроме них, монтажные работы требуют также специальных инструментов и приспособлений.

Для проверки биения вращающихся частей (коллекторов, валов, роторов) пользуются индикаторами часового типа (рис. 148). Они состоят из системы связанных между собой рычагов или зубчатых колес, увеличивающих малые движения и позволяющих отсчитывать их на циферблате со стрелкой. Индикатор *1* укрепляется на держателе *2* и вертикальной стойке *3*, смонтированной на постаменте *4*, что позволяет устанавливать его под любым углом. Индикатор может служить также для выверки центровки валов электрических машин. Индикаторы изготовляются с ценой деления 0,01 *мм*. При измерении постамент ставят на неподвижную опору, а измерительный стержень устанавливают перпендикулярно оси вала и приводят в соприкосновение с проверяемой поверхностью. Перед отсчетом величины биения необходимо убедиться в правильной установке индикатора. Для этого производят лег-

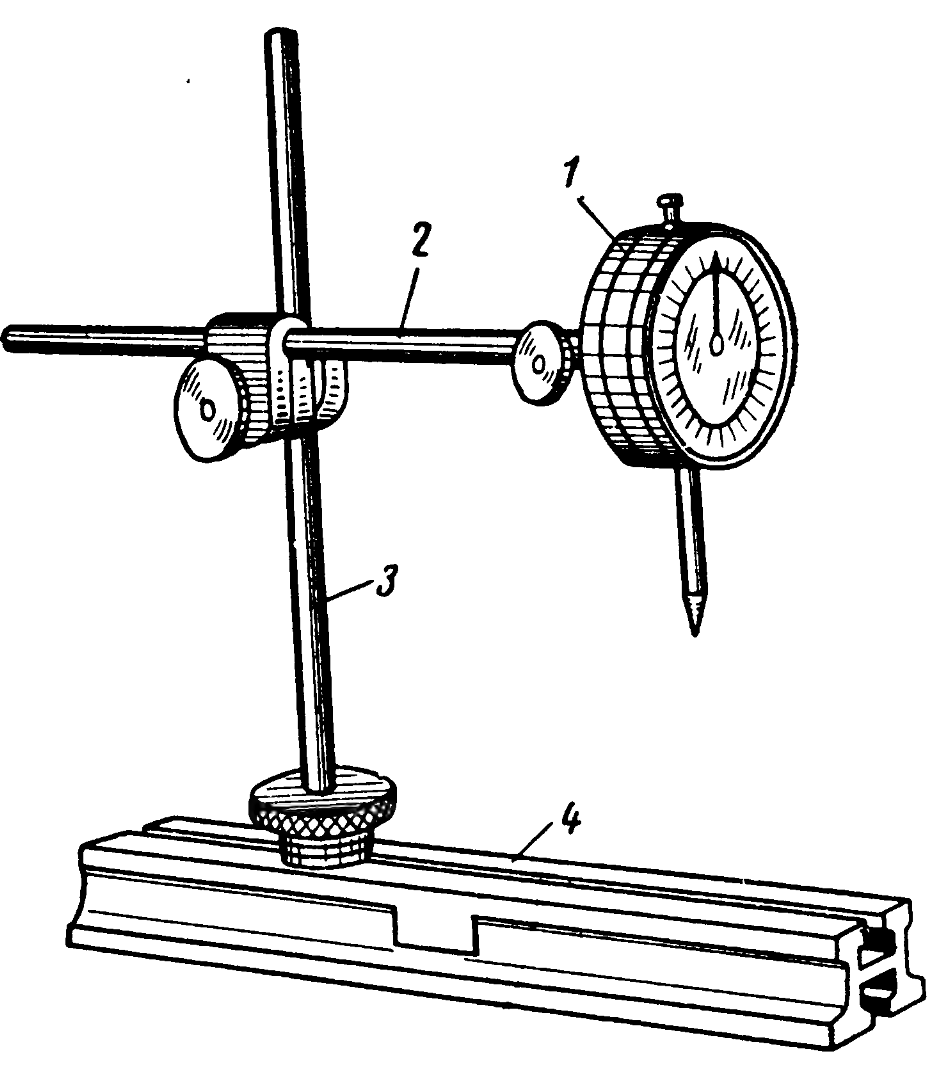


Рис. 148. Индикатор

кое постукивание по корпусу индикатора; при этом стрелка будет колебаться. Если она после колебания вернется в прежнее положение, то индикатор установлен правильно.

Для измерения вибрации электрических машин используют виброметры. Существуют виброметры многих типов, но при монтаже обычно применяются простейшие виброметры часового типа. Перед измерением прибор устанавливают на вибрирующую поверхность. Приборы, записывающие величину вибраций на ленту, носят название вибрографов.

При монтаже крупных электрических машин необходимо выверить горизонтальность фундамента. Для этого применяют гидростатические уровни *1* или ватерпасы (рис. 149). Действие ватерпаса основано на том, что при установке его на горизонтальной плоскости пузырек воздуха в изогнутой трубке с налитой жидкостью будет занимать верхнее среднее положение. При выверке фундамента сначала определяют направление уклона, а затем уже его величину. Для получения правильных измерений необходимо протереть тряпкой нижнюю поверхность ватерпаса и ту поверхность, на которую он устанавливается. Необходимо также учесть, что ватерпас необходимо предохранять от нагревания, так как в этом случае он теряет чувствительность. При значительном нагревании стеклянная трубка может лопнуть.

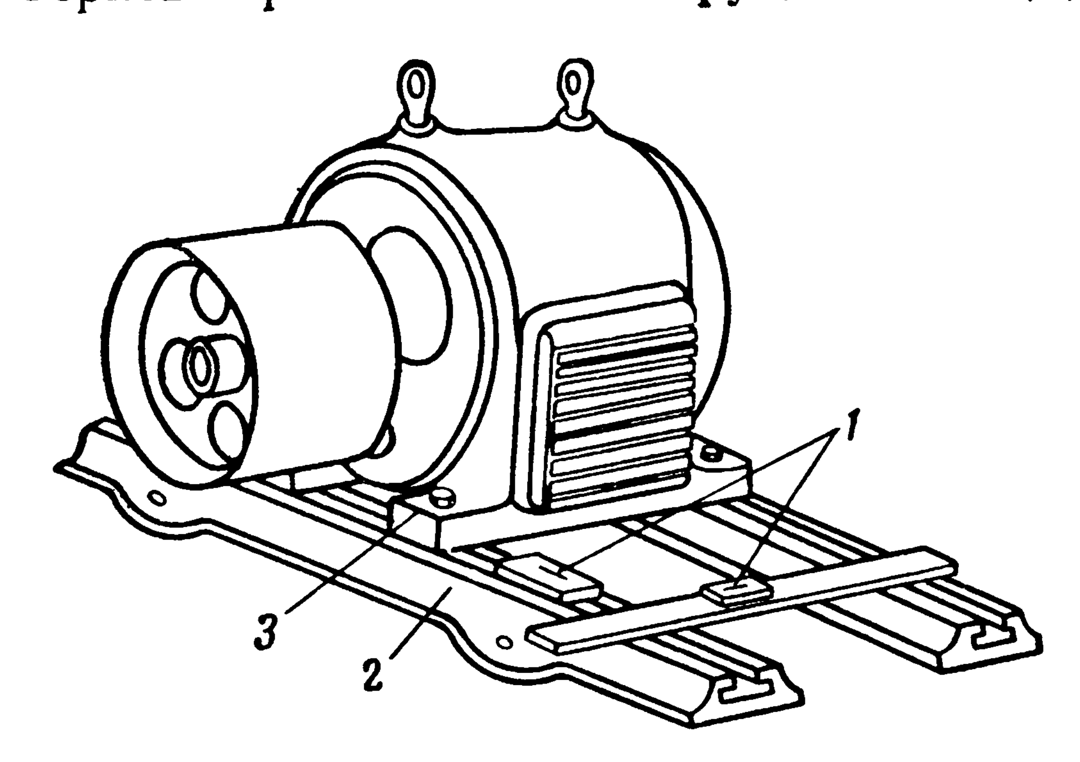


Рис. 149. Выверка горизонтальности фундамента по уровням

Кроме перечисленных, при монтаже применяются различного рода подъемные устройства. Для подъема грузов на небольшую высоту используют домкраты. По принципу действия домкраты бывают трех типов: реечные, винтовые и гидравлические. Грузоподъемность винтовых домкратов достигает 20 *т*. Подъем очень больших грузов осуществляют гидравлическими домкратами, грузоподъемность которых 750 *т*.

Такелажные механизмы описаны в конце главы XIII.

Для подъема и предварительного монтажа крупных объектов электрооборудования применяют временные фундаменты. Их чаще всего выполняют из деревянных брусьев, хотя встречаются также кирпичные и бетонные фундаменты. Перед началом монтажа должна быть проверена горизонтальность их установки и прочность. Временные деревянные фундаменты применяют также для спуска грузов по наклонной плоскости.

## § 2. МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Электрические машины малой мощности устанавливаются или на фундаменте, или на рамах, собранных из стальных конструкций. Машины, работающие с ременной передачей, обычно монтируют на салазках *2* (см. рис. 149), которые позволяют регулировать натяжение ремня. Салазки представляют собой литые или сварные балки корытообразного сечения, внутри которых перемещаются специальные ползуны. В них ввертывают болты *3*, проходящие сквозь лапы станины. Ползуны устанавливаются путем зацепления за зубцы салазок. Подтягиванием регулировочных болтов, упирающихся в лапы станины, можно передвигать машину параллельно ее оси и натягивать или ослаблять ремень. Если привод машины осуществляется через муфту,

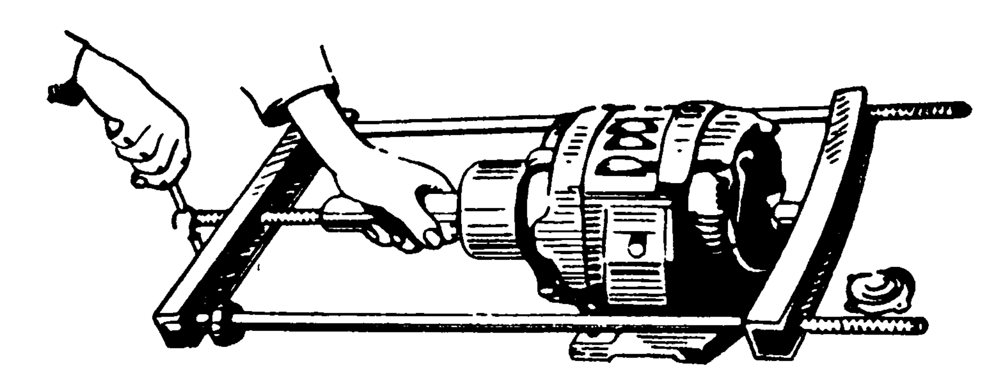


Рис. 150. Насадка шкива на вал

то машина устанавливается на раме или фундаменте. Способы монтажа машин малой мощности весьма различны. Они могут быть установлены нормально (лапами вниз), на стене или на потолке.

Почти все малые машины изготовляются на шарикоподшипниках. Поэтому при установке их на полу, на стене или на потолке условия работы подшипников не меняются. Машины мощностью до 50—60 *квт* можно ставить вертикально без переделки подшипников, о чем имеются указания в каталогах.

Перед началом монтажа производится надевание на конец вала шкива, шестерни или полумуфты. Ни в коем случае не допускается набивание этих деталей на вал ударами, так как при этом могут быть повреждены подшипники; иногда даже наблюдается сдвиг ротора вдоль вала. На рис. 150 показано винтовое приспособление для насадки шкива на вал. При пользовании этим приспособлением усилие насадки воспринимается валом, в торец которого упирается шкворень приспособления. Для этого должна быть снята крышка подшипника со стороны, противоположной приводу. Для насадки шкива на вал более крупной машины можно применять винтовой домкрат, используя в качестве опоры стены здания или колонны.

Горизонтальность плоскости установки выверяется при помощи уровней, которые надо помещать в двух перпендикулярных положениях.

При ременной передаче во избежание соскальзывания ремня необходимо правильно установить двигатель по отношению к приводному шкиву. Рис. 151 иллюстрирует способ выверки шкивов при помощи нити, конец которой закрепляют в точке *О*, лежащей в плоскости торца верхнего шкива. Затем подводят натянутую нить к шкивам. При правильной установке двигателя нить должна одновременно коснуться точек *А*, *Б*, *В* и *Г*. Если ширина шкивов разная, то при проверке установки двигателя к узкому шкиву прикладывают деревянную или металлическую линейку, толщина которой должна быть равна половине разности ширин шкивов.

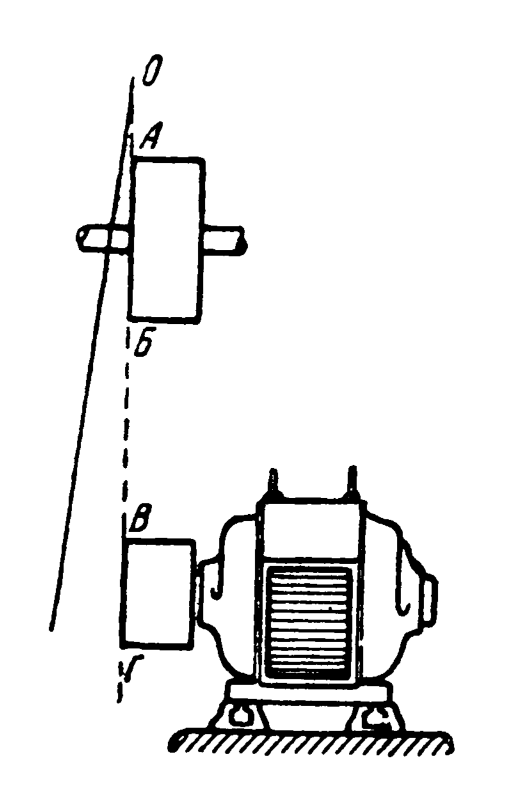


Рис. 151. Выверка линии шкивов

В асинхронных двигателях единой серии нет дощечек зажимов, а обмотка статора выводится при помощи проводов с надетыми на них металлическими бирками с обозначением выводов согласно ГОСТ 183—55:

$C_1$ — начало первой фазы; $C_4$ — конец первой фазы;
$C_2$ — начало второй фазы; $C_5$ — конец второй фазы;
$C_3$ — начало третьей фазы; $C_6$ — конец третьей фазы.

Двигатели старых серий и иностранных фирм имеют следующие обозначения: латинскими буквами *X*, *У*, *Z* — начала фаз и буквами *U*, *V*, *W* — концы фаз или буквами *A*, *B*, *C* — начала фаз, а буквами *X*, *У*, *Z* — концы фаз.

## § 3. МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Электрические машины большой мощности выполняются как с неразъемным, так и с разъемным статором. В зависимости от этого применяют различные способы монтажа. Крупные машины поступают на место монтажа в разобранном виде. Монтаж начинается с установки фундаментной плиты на фундаменте, выверки ее горизонтальности и закрепления при помощи фундаментных болтов. Затем статор устанавливают на фундаментной плите и закрепляют при помощи болтов.

Фундаменты для крупных электрических машин выполняются при строительных работах, и монтажному персоналу приходится только проверять правильность выполнения фундаментов и определять их соответствие с предъявляемыми требованиями. Качество фундамента имеет большое значение при работе электрической машины.

Фундаменты крупных электрических машин делают главным образом из бетона или железобетона. В зависимости от располо-

жения лап фундамент выполняется или в виде горизонтальной площадки, или с выемкой для нижней части статора. Фундамент должен быть достаточно массивным, чтобы воспринимать статические и динамические нагрузки, и не допускать оседания машины, сдвигов и вибрации ее при работе. Фундамент электрической машины делают общим с фундаментом приводимой машины или первичного двигателя. Это необходимо во избежание неравномерной осадки, перекоса рам и нарушения правильности установки. Основные размеры фундамента задает завод, на котором была изготовлена машина. В фундаменте предусматривают колодцы квадратного сечения для установки анкерных болтов, служащих для закрепления фундаментной плиты.

Колодцы вместе с анкерными болтами по окончании монтажа заливают цементным раствором.

Вредное влияние на фундамент оказывает масло, которое ведет к разрыхлению и постепенному разрушению бетона. Для защиты бетона его покрывают соответствующей маслостойкой краской или жидким стеклом.

Фундаментные плиты для крупных электрических машин изготовляют сварными из листовой стали или из балок прокатного сортамента. Чтобы придать плитам бóльшую жесткость, к их стенкам приваривают специальные ребра. Уменьшения поверхностей обработки плиты достигают привариванием к ее верхним полкам небольших плиток, служащих в качестве опоры для лап станины и подшипниковых стояков, причем обрабатываются лишь верхние опорные поверхности этих плиток. Фундаментные плиты могут иметь форму замкнутого прямоугольника, если машина имеет два стояковых подшипника, или П-образную форму, когда электрическая машина выполнена с одним подшипником.

Фундаментные плиты устанавливают либо на металлические плоские подкладки, состоящие по высоте из двух-трех частей, либо на клиновые подкладки, представляющие собой парные клинья. После окончательной выверки положения плиты подкладки заливают бетонной смесью. Если фундаментная плита выполнена на плоских подкладках, правильной установки плиты добиваются путем регулирования толщины и количества прокладок. При клиновых подкладках регулировка производится путем сдвигания одного клина по отношению к другому. Применение клиновых подкладок значительно ускоряет трудоемкий процесс выверки фундаментных плит и сокращает срок монтажа машины. Расстояния между подкладками должны быть не более 400—600 *мм,* так как иначе плита будет прогибаться.

Перед установкой плиты поверхность фундамента должна быть очищена от мелких кусков бетона, пыли и грязи. В местах установки прокладок поверхность фундамента тщательно выравнивают зубилом и притирают по металлической плитке. На остальной поверхности фундамента пневматическим молотком делают насечки для создания условий наилучшего сцепления за-

ливки плиты с фундаментом. Фундаментная плита очищается от защитной окраски в местах, заливаемых бетоном, и тщательно протирается сухими тряпками. Обработанные места плиты должны быть хорошо очищены. Установка плиты на фундамент производится при помощи крана. Стропы надо завязывать так, чтобы их легко можно было вытянуть после опускания плиты на фундамент. Затем приступают к выверке плиты. Для этого сначала устанавливают ее горизонтально, выверяют по продольной

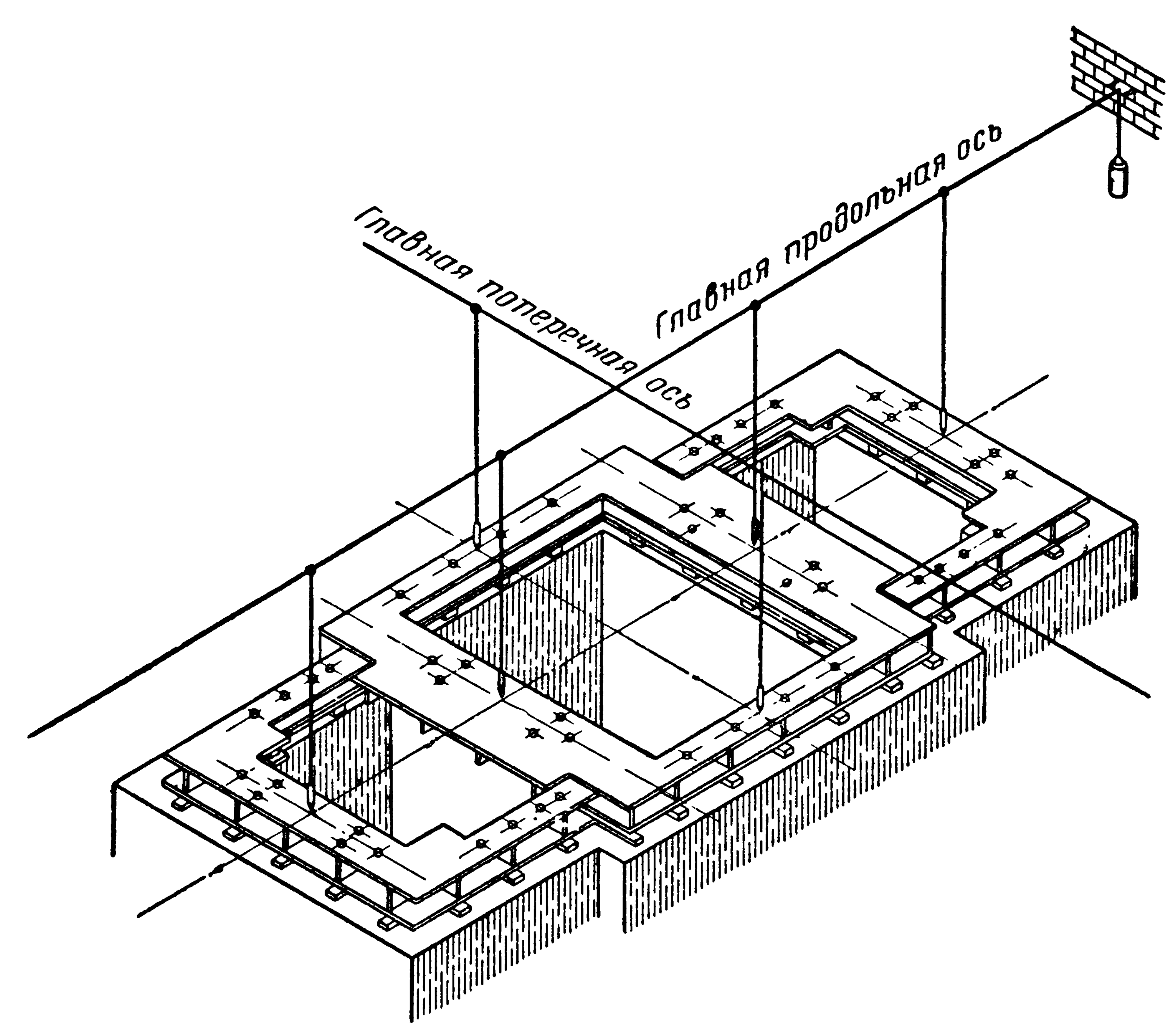



Рис. 152. Установка плиты на фундаменте

и поперечной осям и после этого производят точную регулировку положения плиты в горизонтальной плоскости (рис. 152).

Установка плиты по основным осям производится при помощи стальных струн и отвесов. Отвесы опускают на осевые линии, размеченные на самой плите. В процессе ее выверки плита может подниматься краном или домкратами, а передвижение в горизонтальной плоскости — домкратами, упирающимися в стены здания. Плита выверяется уровнем, устанавливаемым на ее строганные поверхности в нескольких местах.

Регулировка положения фундаментной плиты производится до тех пор, пока не будет достигнута горизонтальность с точностью 0,2—0,3 *мм* на длине 1 *м*.

После окончательной установки фундаментной плиты и закрепления ее анкерными болтами приступают к монтажу машин. Ввиду того что крупные машины доставляют к месту установки в разобранном виде, монтаж по существу заключается в сборке машины. Технология ее различна для машин с неразъемными и разъемными статорами.

Сначала рассмотрим монтаж машин с неразъемными статорами. К ним относятся турбогенераторы и асинхронные двигатели. При скорости вращения 3000 об/мин для снижения центробежных сил роторы машин выполняют с диаметром не более 1200 *мм*, но зато с большой длиной активной части. Это усложняет ввод ротора в статор при сборке и вывод ротора из статора при разборке. В асинхронных машинах сложность этой операции повышается вследствие малого зазора между статором и ротором. Для предохранения от задевания ротора за статор в процессе монтажа и демонтажа приходится прибегать к помощи специальных приспособлений.

Демонтаж крупной машины рассмотрим на примере асинхронного двигателя АТМ-2000. Этот двигатель выполнен на стояковых подшипниках. В процессе демонтажа необходимо выполнить следующие операции.

Снять торцовые щиты и разобрать стояковые подшипники.

Статор вместе с ротором поднять на высоту 250 *мм* от фундамента и установить на подставки *1* (рис. 153, *а*), изготовленные из швеллеров, с укрепленными на них деревянными прокладками.

Убрать стояк подшипника со стороны привода и прикрепить к валу при помощи хомута *4* и двух болтов *5* четырехколесную тележку.

Со стороны контактных колец прикрепить к валу двигателя при помощи хомутов *2* удлинитель *3*, изготовленный из швеллеров; под хомуты подложить прокладки из картона, чтобы защитить шейку вала от повреждений.

Под колеса тележки положить два направляющих швеллера *7*, по которым будут катиться колеса тележки.

Под концы швеллеров, положенных на фундаментную плиту двигателя, установить регулировочные планки с четырьмя болтами *16* (рис. 153, *б*). Вторые концы направляющих швеллеров поставить на подставку *9* и укрепить болтами *8*.

Приподнять ротор с одной стороны краном, а с другой при помощи регулировочных болтов, следя за равномерностью воздушного зазора между статором и ротором.

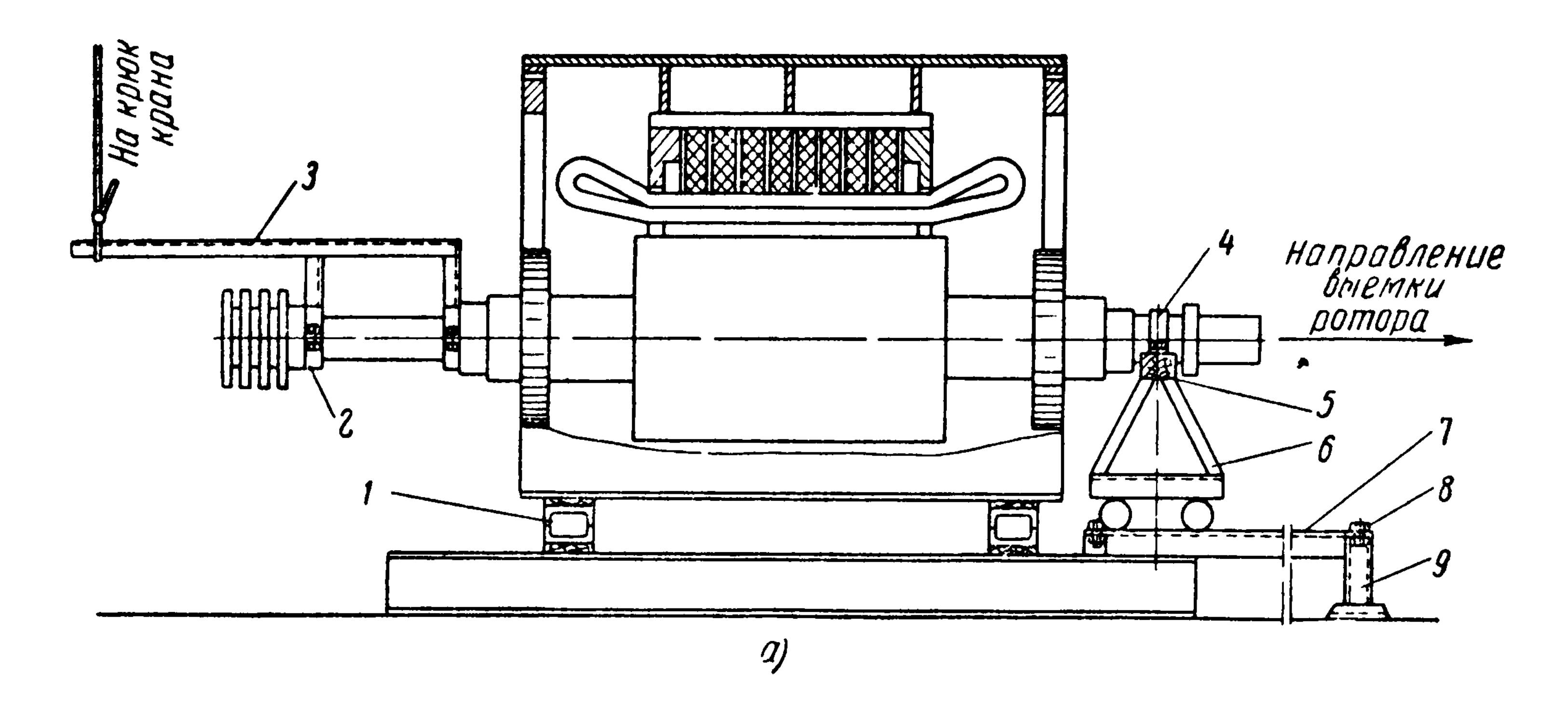
Передвигая крюк крана так, чтобы он находился над осью вала и одновременно подталкивая вручную тележку *6*, начать выдвигать ротор из отверстия статора. Когда центр тяжести ротора выйдет из расточки статора, движение крюка крана прекратить.

К станине болтом *15* с резьбой М24 прикрепить опорный

угольник *14*, к которому подвешивается тяга *12*, имеющая с обеих сторон резьбу М30.

К тяге прикрепить зажим *11*, который двумя болтами *10* с резьбой М24 установить на удлинитель *3*.

С помощью гайки *13*, которой тяга крепится к угольнику, создать необходимый натяг подвески, при котором освобождается натяжение стропа, и снять его.



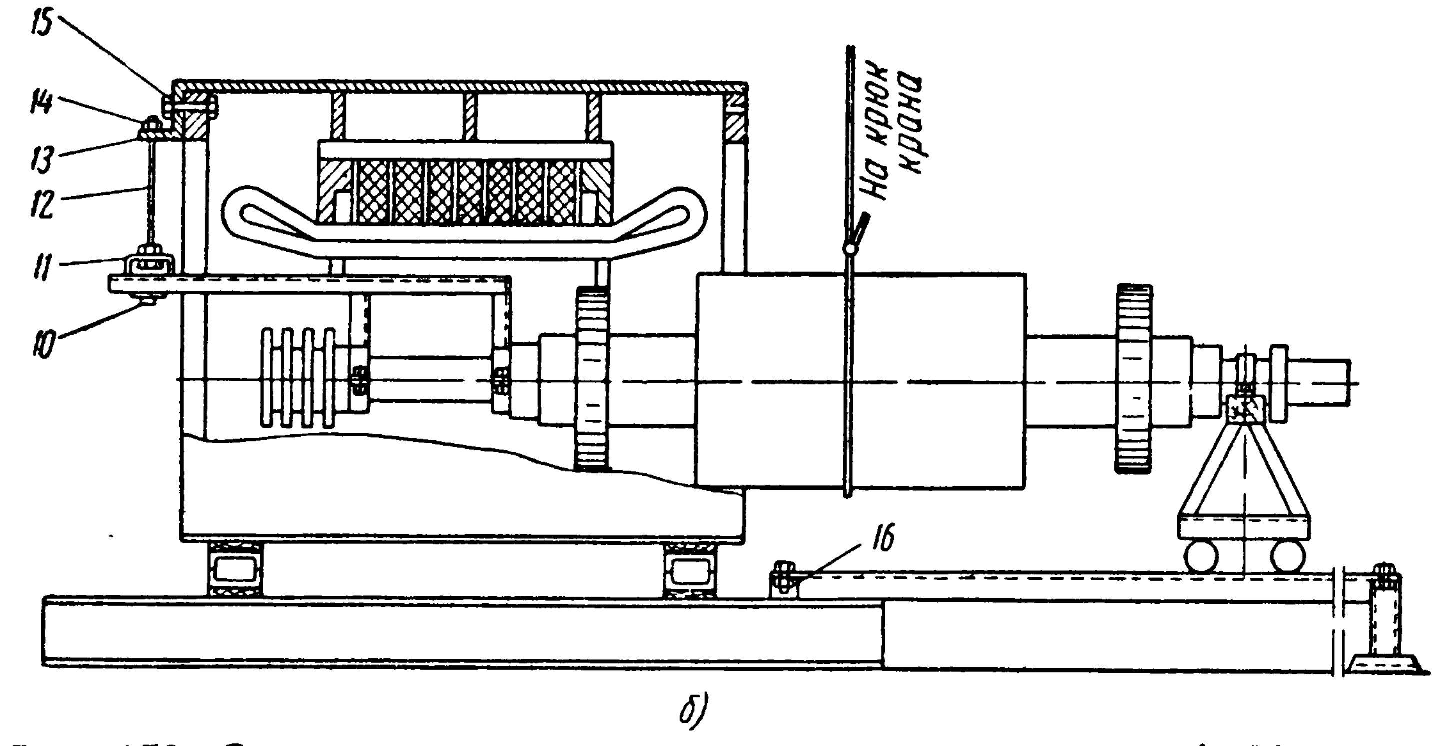




Рис. 153. Схема выемки ротора из статора двигателя АТМ-2000: *а* — первая операция, *б* — вторая операция

Перевести крюк мостового крана в новое положение над центром тяжести ротора, охватить ротор стропом и натянуть его, после чего освободить подвеску.

Передвигая крюк крана, вывести ротор из расточки статора, поставив второй конец вала на козла.

Монтаж двигателя производится в обратном порядке.

Введение средств механизации дало возможность повысить производительность труда на 25—30%, обеспечить безопасность работы и сохранность двигателя при сборке и разборке. Все операции выполняются бригадой из 2—3 человек.

Если машина выполнена на стояковых подшипниках, то регулировку зазора между статором и ротором производят при помощи подъема и опускания стоек подшипников. Для этого в лапах стойки нарезаны отверстия, в которые ввинчиваются болты. Торцы этих болтов упираются в фундаментную плиту. Ввертыванием и вывертыванием этих болтов выверяется положение ротора.

Для облегчения монтажа крупных электрических машин на месте установки отдельные ее части фиксируются на плите при помощи контрольных штифтов. Конические контрольные штифты устанавливают в основании стояковых подшипников для фиксирования их положения на плите и в лапах станины. В отверстия, просверленные в плите через лапы стоек и станины при заводской сборке машины, забиваются контрольные штифты. Благодаря им отпадает необходимость выверки положения деталей на фундаментной плите при монтаже машины в месте установки. В инструкции по сборке указывается количество и толщина прокладок под лапы станины и подшипниковые стойки.

Статоры крупных электрических машин переменного тока при диаметре более 4 *м*, а также машин постоянного тока даже при меньших диаметрах делают разъемными. Необходимость разъема обусловливается допускаемыми габаритами и весами для провоза по железным дорогам, а также соображениями уменьшения веса литых станин. В машинах постоянного тока наличие разъема упрощает установку якоря, так как она производится без верхней половины станины. В машинах переменного тока это упрощение монтажа создает и дополнительные операции, состоящие в пригонке стыков шихтованного статора и вкладывании части катушек статора после соединения половин станины.

Горизонтальный разъем статоров машин переменного тока делают по диаметру, проходящему через центр вала, а у машин постоянного тока разъем несколько смещают вверх. Этим устраняется необходимость выемки полюсов при разборке машины.

Сборка производится следующим образом. Сначала на фундаментную плиту устанавливается нижняя часть статора. Положение ее выверяется при помощи струны, натянутой вдоль плиты. Затем ротор кладется шейками вала на вкладыши подшипников и его положение регулируется вдоль продольной оси машины. Зазоры между статором и ротором регулируются при помощи прокладок, помещаемых под лапы станины и подшипниковых стоек. После выверки зазора обе части статора сбалчивают и устанавливают контрольные штифты в местах разъема. Если под влиянием веса верхней части статора обнаружится смещение отверстий для болтов и контрольных шпилек, то регулировкой давления домкрата добиваются совпадения отверстий.

Место стыков обеих частей станины в машинах постоянного тока должно быть без зазоров. Отсутствие зазоров проверяется

щупом после затяжки болтов. В машинах переменного тока плотность стыков частей статора достигается тем, что в станине оставляется зазор 0,3—0,5 *мм*. При затяжке болтов, соединяющих обе части статора, поверхности разъема статора соприкасаются. В стыке не должно быть выступающих более чем на 0,2 *мм* листов. Выступающие листы осторожно опиливают; место опиловки очищают металлической щеткой и продувают сжатым воздухом.

После соединения обеих частей статора приступают к выверке воздушных зазоров между ротором и статором. Следует отметить, что до установки верхней части статора закреплять нижнюю часть статора болтами на фундаментной плите не следует. Затяжка болтов в лапах статора и установка контрольных штифтов в них производится после окончательной выверки воздушного зазора, причем после затяжки болтов рекомендуется произвести вторичную проверку зазоров.

В крупных электрических машинах, особенно в синхронных, в подшипниках появляются электрические токи. Основной причиной этих токов является несимметрия магнитного поля машины. Эти токи проходят через вал, подшипниковые стойки и замыкаются через фундаментную плиту. Токи в подшипниках опасны тем, что они разъедают поверхность шеек вала и вкладышей. Это сопровождается почернением масла и увеличением нагрева подшипников.

Одним из основных способов устранения подшипниковых токов является изоляция одного из подшипниковых стояков от фундаментной плиты. Между фундаментной плитой и стояком прокладывается лист гетинакса. Болт изолируется бакелитовой трубкой толщиной 2 *мм,* а под головку болта прокладывается изоляционная шайба. Если положение стояка фиксируется контрольными штифтами, то они должны быть также изолированы путем обертывания их листом картона.

Изоляция подшипникового стояка от плиты проверяется мегомметром.

Крупные машины выполняются с принудительной смазкой подшипников от масляного насоса. Масло подается через отверстие в нижней половине вкладыша.

Масляная система снабжается аппаратурой, которая сигнализирует перегрев масла. Все оборудование масляной системы перед монтажом должно быть тщательно осмотрено и проверено. Все поверхности, соприкасающиеся с маслом, очищают от грязи, ржавчины, промывают керосином, а затем протирают тряпками. После произведенной чистки все отверстия, предназначенные для присоединения трубопроводов, временно закрывают заглушками или деревянными пробками для предотвращения попадания внутрь грязи и посторонних предметов.

Масляные баки устанавливают так, чтобы дно их имело уклон в сторону спускного отверстия. Для предупреждения по-

падания в подшипники загрязненного масла отверстия труб, служащие для выхода масла из баков, располагают на уровне 50 *мм* от дна бака. Если внутренние стенки баков окрашены, то необходимо проверить прочность окраски.

Для отвода тепла от масла в него погружены трубчатые охладители, по которым протекает вода. Система водоохладителей должна быть герметичной, так как иначе в масло будет попадать вода. Герметичность испытывается заполнением водой под давлением.

В процессе монтажа приходится производить гибку труб, которая выполняется либо холодным способом на специальных станках, либо горячим способом. При горячей гибке трубы набиваются песком во избежание вмятин и складок. Мелкозернистый просеянный песок плотно утрамбовывается в трубе и забивается деревянными пробками. После гибки трубы должны быть тщательно очищены от песка металлическими ершами и продуты сжатым воздухом. В трубы маслопроводов и водоохладителей должны быть вставлены изолирующие фланцы, чтобы через них не создавалась замкнутая цепь для подшипниковых токов.

В машинах постоянного тока в процессе монтажа регулируется положение траверсы и щеткодержателя. Перед пуском машины надо проверить правильность направления вращения. Направление вращения в зависимости от полярности полюсов показано на рис. 107.

Все новые машины, а также машины, находившиеся продолжительное время в бездействии, должны быть перед пуском подвергнуты сушке.

Сушка машин может производиться или внешним нагреванием при помощи продувания горячего воздуха, или пропусканием тока по обмоткам. Сушка малых машин горячим воздухом осуществляется в сушильных шкафах, а больших машин — в замкнутой камере из негорючего материала, сооружаемой вокруг машины. Камера обшивается теплоизолирующими материалами и обогревается паровыми трубами или вдуванием горячего воздуха, поступающего из паровых или электрических калориферов.

Машины сушат пропусканием тока через обмотки по различным схемам соединения обмоток с источниками питания, которые приводятся в специальных руководствах по изоляции электрических машин.

В последнее время большое распространение получил метод сушки изоляции электрических машин с помощью магнитных потерь в стальных сердечниках. Этот метод применяется в основном для машин переменного тока. Вокруг статора наматывают несколько витков толстого кабеля, по которым пропускают ток большой силы от понизительных трансформаторов. В асинхронных машинах витки кабеля пропускают через осевые

каналы ротора; таким образом они охватывают и статор и ротор. Под действием переменного потока в сердечниках статора и ротора наблюдаются магнитные потери энергии, которые будут их нагревать. Этот способ сушки дает значительную экономию топлива и электрической энергии.

Вместо намотки кабеля вокруг статора можно использовать в качестве токопровода вал машины, к которому подводят ток через медные зажимы, охватывающие концы вала. Таким методом можно сушить не только отдельные машины, но и агрегаты, состоящие из нескольких машин.

Одной из основных операций монтажа крупных электрических машин является центровка, которая предназначена для того, чтобы получить правильное взаимное положение соединяемых валов, обеспечивающее спокойную работу машин. Для этого необходимо, чтобы оси валов лежали на одной линии и центры валов совпадали. Наиболее распространенной является центровка при помощи двух скоб, закрепляемых на полумуфтах соединяемых машин.

На рис. 154, *а* показана конструкция скоб и их крепление. Наружная скоба *2* закреплена на полумуфте установленной машины, а внутренняя скоба *5* на полумуфте машины, которая должна быть соединена с установленной. Скобы крепятся при помощи хомутов *7* и болтов *6*. В процессе центровки производят измерение радиальных зазоров *а* и осевых зазоров *b* при помощи щупов, индикаторов или микрометров. В двух последних случаях индикатор или микрометрическая головка ставятся на место болтов *3* и *4*. Перед началом измерений полумуфты должны быть разъединены, а валы раздвинуты с тем, чтобы не происходило задевание скоб и полумуфт при вращении валов. При помощи болтов *3* и *4* зазоры *а* и *b* устанавливают минимальными для большей точности их измерения.

На рис. 154, *б* показаны четыре взаимных положения валов машин. В положении *А* валы расположены на одной прямой и центры их совпадают. Очевидно, что при одновременном поворачивании валов зазоры *а* и *b* будут оставаться неизменными. В положении *Б* валы параллельны один другому, но между ними есть сдвиг. При поворачивании валов осевые зазоры *b* будут оставаться неизменными, а радиальные зазоры *а* будут меняться. В положении *В* центры валов совпадают, но оси их расположены под углом. В этом случае при поворачивании валов будут меняться величины осевых зазоров *b*, а радиальные зазоры *а* будут сохраняться. Наконец, в положении *Г* центры валов сдвинуты и оси их расположены под углом. При вращении валов будут изменяться и осевые, и радиальные зазоры.

Первое измерение зазоров производят, когда скобы находятся в верхнем положении. Затем поворачивают валы на 90° в направлении вращения приводного механизма или генератора и снова замеряют зазоры при совпадении рисок *1* на валах. Всего

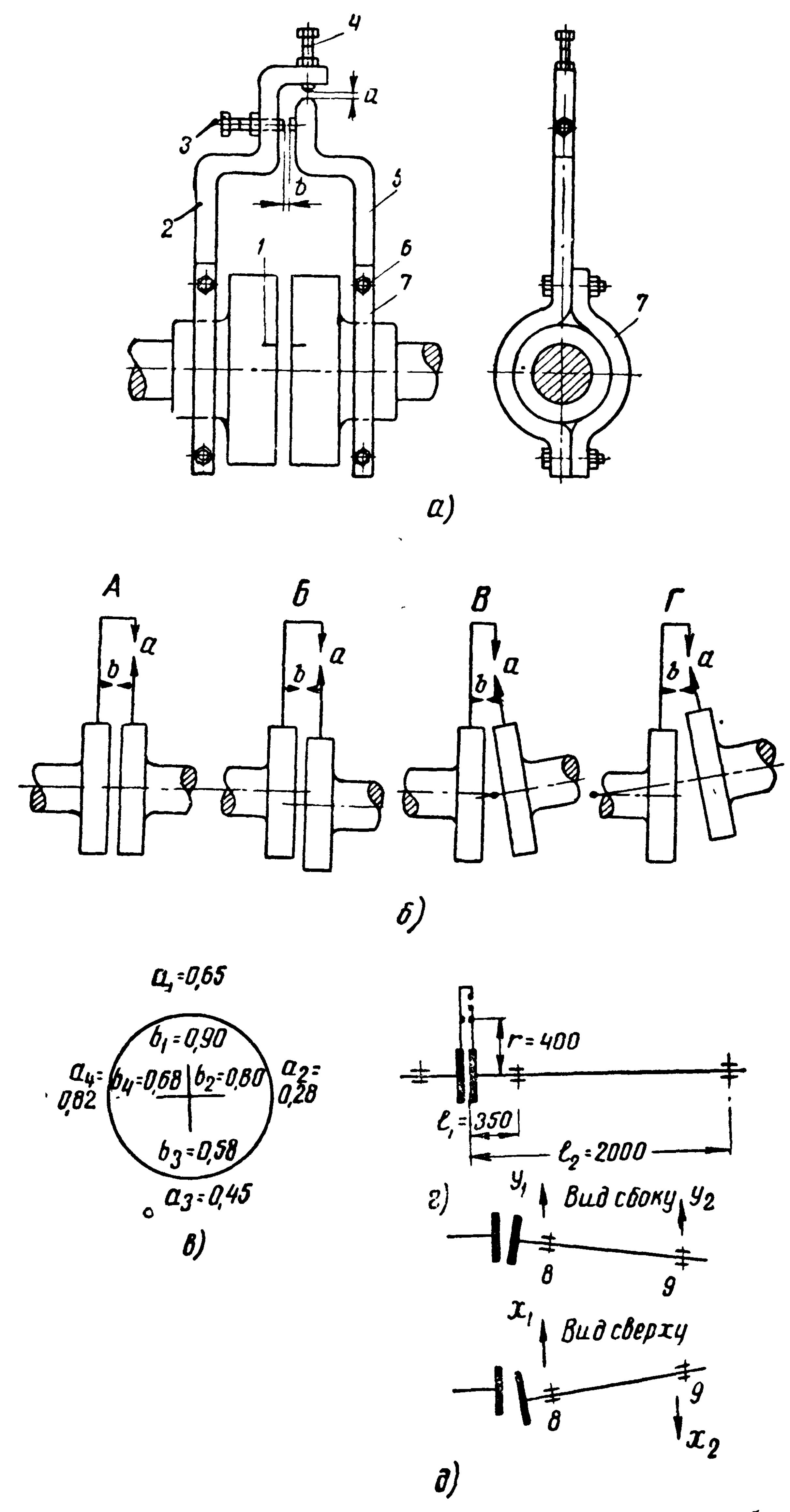



Рис. 154. Выверка соосности валов с помощью скоб:

*а* — укрепление скоб на полумуфтах, *б* — различные положения скоб, *в* — схема записей значений зазоров, *г* — установочные размеры монтируемой машины, *д* — направление перемещений машины при выверке валов

делают четыре замера при каждом повороте валов на 90°. Пятый замер производят как контрольный, когда скобы снова придут в верхнее положение. Величины зазоров в первом и пятом положениях скоб должны совпадать. На рис. 154, *в* записаны значения измеренных зазоров в миллиметрах для четырех положений валов. Величины радиальных зазоров написаны над окружностью, а осевых — внутри окружности. Цифры в обозначениях зазоров $a_1$, $a_2$, $a_3$ и т. д. показывают порядковые номера замеров зазоров.

На рис. 154, *г* указаны размеры в миллиметрах присоединяемой машины: расстояние от муфты до подшипника *8* $l_1 = 350$ *мм*; расстояние от муфты до подшипника *9* $l_2 = 2000$ *мм*; расстояние от оси вала до болта *3* $r = 400$ *мм*. Эти размеры будут нужны для подсчетов перемещений подшипников присоединяемой машины. Для обеспечения центровки валов придется смещать подшипники *8* и *9* присоединяемой машины, передвигая их по плите или перемещая в вертикальной плоскости посредством добавления или убавления прокладок под стойкой подшипника. Введем следующие обозначения:

$x_1$ — перемещение подшипника *8* по плите вправо, если перед $x_1$ стоит знак +, и влево при знаке —. Смотреть надо на торец муфты со стороны установленной машины;

$x_2$ — перемещение подшипника *9* по плите вправо, если перед $x_2$ стоит знак +, и влево при знаке —;

$y_1$ — вертикальное перемещение подшипника *8* вверх, если перед $y_1$ стоит знак +, и вниз при знаке —;

$y_2$ — вертикальное положение подшипника *9* вверх, если перед $y_2$ стоит знак +, и вниз при знаке —.

Определение перемещений подшипников можно рассчитать по следующим формулам, вставляя в них вместо букв численные значения и обращая внимание на знаки.

$$y_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_1}{r};$$

$$y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \cdot \frac{l_2}{r};$$

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_1}{r};$$

$$x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \cdot \frac{l_2}{r}.$$

Эти формулы справедливы только для такого расположения скоб, какое показано на рис. 154, *а*.

Подставим в эти формулы численные значения буквенных величин.

$$y_1 = \frac{0,65 - 0,45}{2} + \frac{0,90 - 0,58}{2} \cdot \frac{350}{400} = 0,24 \text{ мм};$$

$$y_2 = \frac{0,65-0,45}{2} + \frac{0,90-0,58}{2} \cdot \frac{2000}{400} = 0,90 \text{ мм};$$

$$x_1 = \frac{0,28-0,82}{2} + \frac{0,80-0,68}{2} \cdot \frac{350}{400} = -0,22 \text{ мм};$$

$$x_2 = \frac{0,28-0,82}{2} + \frac{0,80-0,68}{2} \cdot \frac{2000}{400} = 0,03 \text{ мм}.$$

Следовательно, подшипник *8* надо поднять вверх на 0,24 *мм* и передвинуть влево (знак — ) на 0,22 *мм;* подшипник *9* следует поднять вверх на 0,90 *мм* и передвинуть вправо (знак +) на 0,03 *мм.*

Направления перемещения подшипников показаны стрелками на рис. 154, *д.* Небольшие значения перемещений подшипников объясняются тем, что валы были выверены при помощи линеек, прикладываемых к полумуфтам, причем производились перемещения подшипников для предварительной центровки валов.

На рис. 154, *в* видно, что сумма четных замеров горизонтальных и вертикальных зазоров равна сумме нечетных. Действительно,

$$a_1 + a_3 = a_2 + a_4 = 1,1 \text{ мм}; \quad b_1 + b_3 = b_2 + b_4 = 1,48 \text{ мм}.$$

Пользуясь этим свойством, можно проверить результаты измерений зазоров. Если суммы не сходятся, то очевидно прогибается скоба или валы имеют осевые перемещения.

## § 4. МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Пускорегулирующие и защитные аппараты являются весьма ответственной частью электрооборудования, поэтому монтаж их должен быть высококачественным и обеспечивать надежность работы электроприводов. Все аппараты перед монтажом подвергаются тщательному осмотру для проверки их исправности.

Каждый аппарат помещается в специальном кожухе, в лапах которого предусмотрены отверстия для крепления. Через эти отверстия производится разметка в панелях и рамах, на которые устанавливают аппараты. Металлические кожухи аппаратов должны быть присоединены к сети заземления. Подводимые к аппаратам многожильные провода и одножильные сечением более 10 $мм^2$ должны иметь механические сжимы или наконечники.

Рубильники устанавливают в вертикальном положении так, чтобы образующаяся при отключении дуга не могла повредить другие аппараты. Верхнее положение рукоятки должно соответствовать включенному положению, а нижнее — отключенному. Ножи рубильников при отключенном положении нельзя оставлять под напряжением.

Магнитные пускатели устанавливают на стене или на укрепленной в полу опорной конструкции. Основания контакторов не должны иметь отклонений от вертикального положения больше, чем на 5°. Перед включением необходимо снять с поверхности электромагнита защитную смазку, так как она будет способствовать загрязнению аппарата.

При монтаже маслонаполненных аппаратов необходимо проверить герметичность во избежание просачивания масла на фундамент или пол. Ящики сопротивлений монтируют на стеллажах из угловой стали. Соединения между ящиками ввиду высокой температуры выполняют голыми проводами. Аппараты, подверженные в эксплуатации сотрясениям, устанавливают на эластичных прокладках. При установке всех аппаратов с ручным управлением необходимо обеспечить удобный доступ к маховичкам.

## § 5. МОНТАЖ КРАНОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Электрическое оборудование крана состоит из электродвигателей, распределительного щита, контроллера для управления электродвигателями, пусковых и регулировочных реостатов, тормозных электромагнитов и конечных выключателей. Схема расположения электрооборудования мостового крана показана на рис. 155.

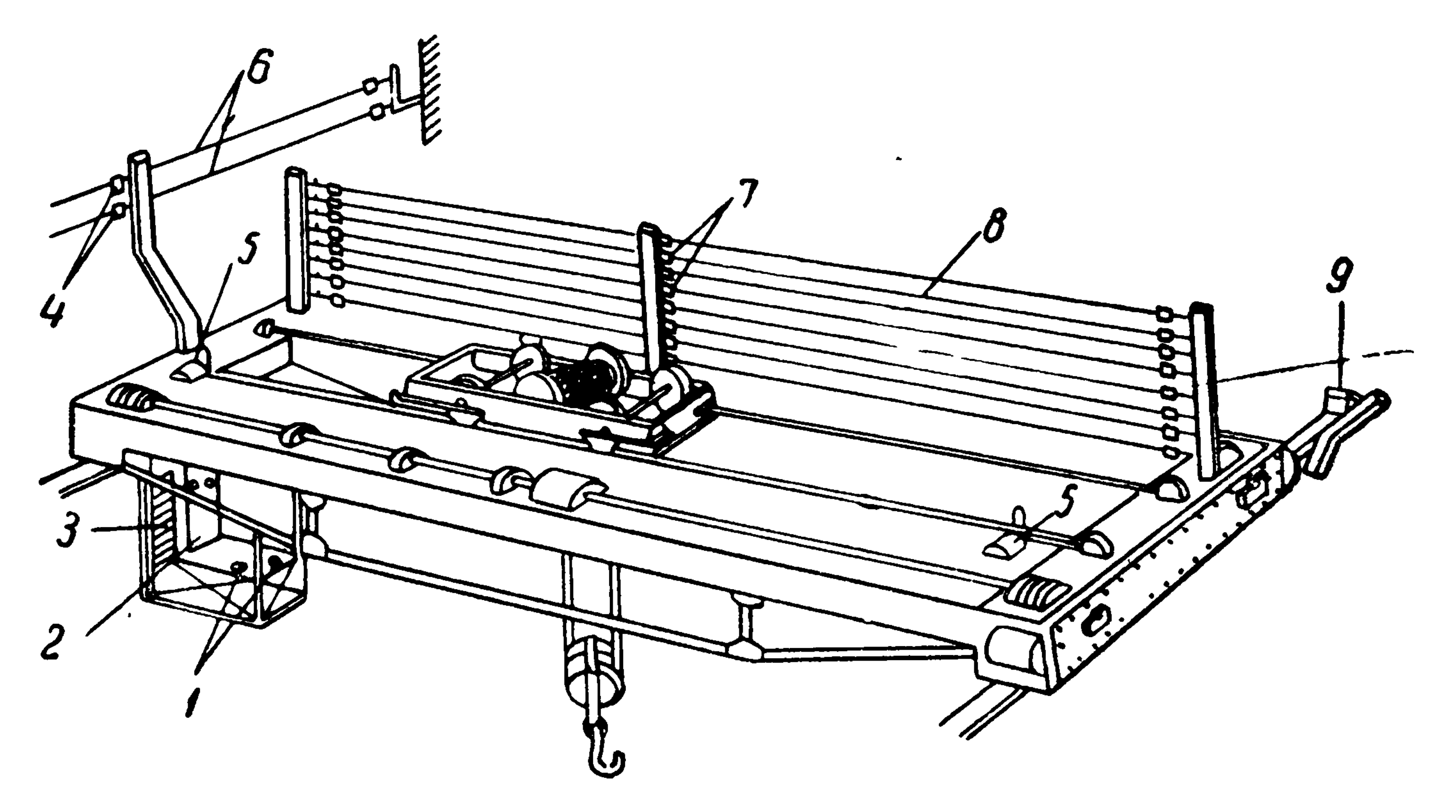



Рис. 155. Расположение электрооборудования на мостовом кране

Электрическая энергия подводится к крану при помощи голых троллейных проводов *6,* которые натянуты вдоль подкрановых путей. При передвижении крана по этим проводам скользят токоприемники *4,* которые подводят электрический ток по изолированным проводам к распределительному щиту *2,* установленному в кабине крановщика. От распределительного щита

ток по изолированным проводам поступает в контроллеры *1*, управляющие электродвигателями. Электродвигатели подъема груза и передвижения тележки крана питаются током через троллейные провода *8*, натянутые вдоль крана, по которым скользят токоприемники *7*. Реостаты *3*, установленные в кабине, служат для регулирования скорости вращения электродвигателей.

Конечные выключатели *9* автоматически останавливают кран при подходе к концу рельсового пути, а выключатели *5* останавливают тележку крана при подходе к концам мостовой балки.

Трудность монтажа электрооборудования крана заключается в том, что монтаж должен производиться на большой высоте и на незначительной площади. Кран не может поднимать грузы на ферму, так как подъемный крюк даже в самом верхнем положении не доходит до уровня фермы. Поэтому над мощными кранами обычно располагаются более легкие краны, специально предназначенные для подъема и спуска электрического и механического оборудования крана. Краны меньшей грузоподъемности обслуживаются при помощи талей и блоков.

Ввиду трудностей, с которыми связаны подъем и спуск тяжелых электродвигателей на ферму крана, желательно менять оборудование как можно реже. Поэтому во избежание срыва в работе крановое электрооборудование должно быть очень надежным и прочным. Для электрических кранов применяются специальные типы электродвигателей постоянного и переменного (трехфазного) тока с повышенной прочностью всех деталей.

На рис. 156 показано устройство кранового двигателя по-

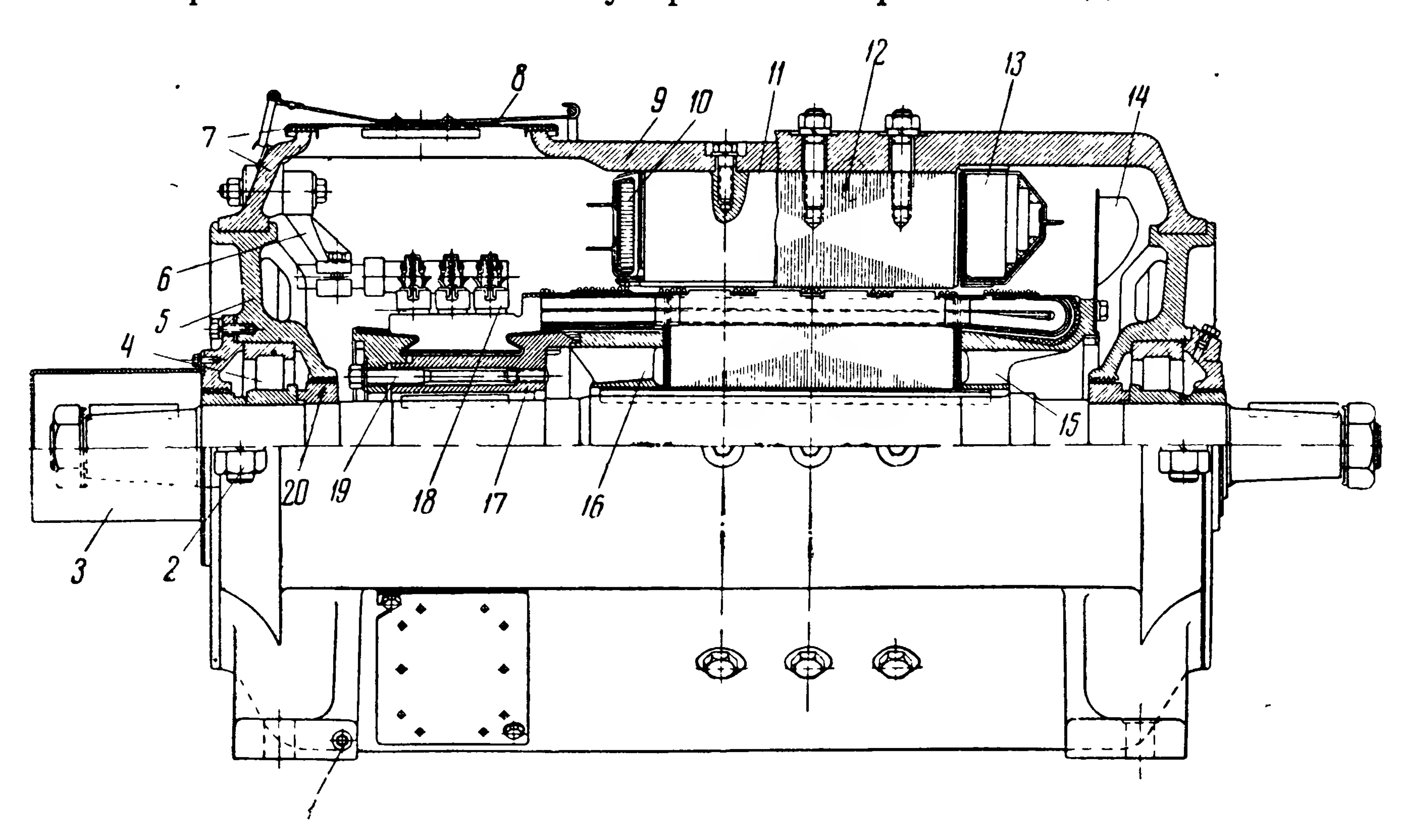



Рис. 156. Крановый двигатель постоянного тока

стоянного тока мощностью 32 *квт* с разъемной станиной. Крановые двигатели изготовляются с двумя выпущенными концами вала для двухстороннего соединения с приводными механизмами. Если один конец вала не используется, то он закрывается кожухом *3* для защиты обслуживающего персонала от захвата вращающимся концом вала. Сердечник якоря спрессован между двумя стальными нажимными шайбами *15* и *16*. Одна шайба упирается в бортик вала, а другая сидит на валу с прессовой посадкой. В нее упирается втулка коллектора *17* для предохранения от сдвига шайбы вдоль вала. В пазы якоря вложены катушки обмотки, которые удерживаются в пазах проволочными бандажами. Лобовые части обмотки опираются на обмоткодержатели и сверху закрыты парусиновыми чехлами, а выводные концы обмоток впаяны в выступы коллекторных пластин. Таким образом, на поверхности якоря не остается никаких каналов для проникновения влаги и пыли в обмотку якоря, что повышает ее надежность в работе. Коллекторные пластины стянуты длинными болтами *19*, у которых средняя часть утоньшена. Это сделано для того, чтобы при нагревании коллектора пластины могли удлиняться за счет стягивающих болтов.

Якорь вращается на двух роликовых подшипниках *4* одинакового размера, что позволяет унифицировать подшипниковые щиты и крышки подшипников. Как видно на рисунке, внутренние кольца подшипников сдвинуты по отношению к наружным кольцам внутрь двигателя. Это позволяет валу удлиняться при нагревании и предохраняет от заедания подшипников. За счет этих сдвигов якорь имеет осевую игру, равную сумме сдвигов подшипников. Камеры подшипников снабжены уплотнениями в виде кольцевых канавок, заполненных густой смазкой. Уплотнения со стороны двигателя сделаны на втулках *20*, а не на валу. Благодаря этим втулкам можно сдвигать подшипниковые щиты *5* вместе с наружными кольцами и роликами с вала, оставляя на валу внутренние кольца подшипников.

Станина *9* двигателя сделана разъемной, что позволяет производить осмотры и текущие ремонты, не снимая его с фермы крана. Разъем сделан в горизонтальной плоскости несколько выше оси вала. Таким образом, дополнительные полюса, расположенные по оси, остаются при разборке в нижней половине станины. Обе половины станины стягиваются четырьмя болтами *2*.

Перед разъемом станины необходимо разъединить кабели, соединяющие катушки верхней и нижней половины. Эти соединения находятся снаружи на боковой стороне станины. После снятия верхней половины якорь легко вынимается. Для этого у подшипниковых щитов *5* внутри отлиты подъемные ушки (видные на рисунке), за которые поднимают якорь. Нижняя половина станины имеет лапы для крепления двигателя. Они разнесены по длине станины, чтобы предохранить двигатель от сдвигов

при передаче крутящего момента концом вала. В одну из лап ввернут болт *1*, который служит для заземления станины двигателя.

Над коллектором установлены щеткодержатели *18*, закрепленные на щеточных пальцах, концы которых зажаты в хомутиках траверсы *6*. Для обслуживания щеткодержателей в станине сделаны окна, закрытые крышками *8* с уплотнительными прокладками *7*. Крышки имеют пружинные запоры. Для открытия крышки достаточно нажать рукой на конец пружины и снять кольцо с крюка, привинченного к станине.

На верхней части рисунка сделаны разрезы в двух плоскостях. Слева показан разрез станины через дополнительный полюс *11*, на который надета катушка *10*, намотанная из медной шины на ребро. Каждый полюс крепится к станине тремя болтами. Справа показан разрез через главный полюс *12*, набранный из штампованных листов стали. Резьба в шихтованном сердечнике главного полюса получается ослабленной, так как нитки резьбы пересекают листы сердечника. Чтобы резьба не срабатывалась при повторных сборках и разборках двигателя, полюса крепятся к станине шпильками. Один конец шпильки ввернут на сурике в сердечник полюса и никогда из него не вывертывается. При разборке двигателя отвертывают гайки на концах шпилек и полюса с катушками выдвигают внутрь станины. Катушки главных полюсов *13* намотаны ступенчатыми, чтобы лучше использовать внутреннее пространство двигателя в промежутках между полюсами. Крановые двигатели выпускаются только закрытого типа, чтобы избежать засорения обмоток. Однако к нажимной шайбе привинчен вентилятор *14*. Его назначение заключается в том, чтобы перемешивать воздух внутри двигателя и отводить тепло от более нагретых частей к стенкам станины. При работе крановых двигателей происходят толчки и удары. Поэтому все болты и гайки защищены от самоотвертывания пружинными шайбами.

На рис. 157 показано устройство кранового двигателя трехфазного тока МТ мощностью 11 *квт*. Статор *7* двигателя собран из штампованных листов и спрессован между двумя пружинными нажимными шайбами, которые входят в канавки, проточенные в станине *6*. В пазы статора вложены катушки обмотки, выводные концы которой подведены к зажимам, помещенным в коробке в верхней части станины. К этим зажимам присоединяются провода от сети трехфазного тока. Включение и выключение двигателя, а также изменение направления вращения производится контроллером. В верхней части станины ввернуто подъемное кольцо для транспортировки двигателя.

К торцам станины с обеих сторон привернуты подшипниковые щиты *3*, в которые вставлены шарикоподшипники *2*, закрытые крышкой *1*. С внутренней стороны подшипники упираются в кольца *10*, напрессованные на вал, а уплотнение камеры под-

шипника осуществляется через щель между кольцами и подшипниковыми щитами. Благодаря этим кольцам подшипниковые щиты легко снимаются, причем шарикоподшипники остаются на валу. Листы ротора *12* напрессованы на вал и заперты от передвижений вдоль вала втулкой *11*. Бо́льшая часть крановых двигателей выпускается с фазными роторами. Обмотка ротора соединена с контактными кольцами *13*, которые находятся внутри двигателя, а не вынесены на консольный конец вала, как у двигателей общего назначения (см. рис. 94). Это объясняется тем, что крановые двигатели должны иметь исполнение с двумя выпущенными концами вала одинакового диаметра для передачи

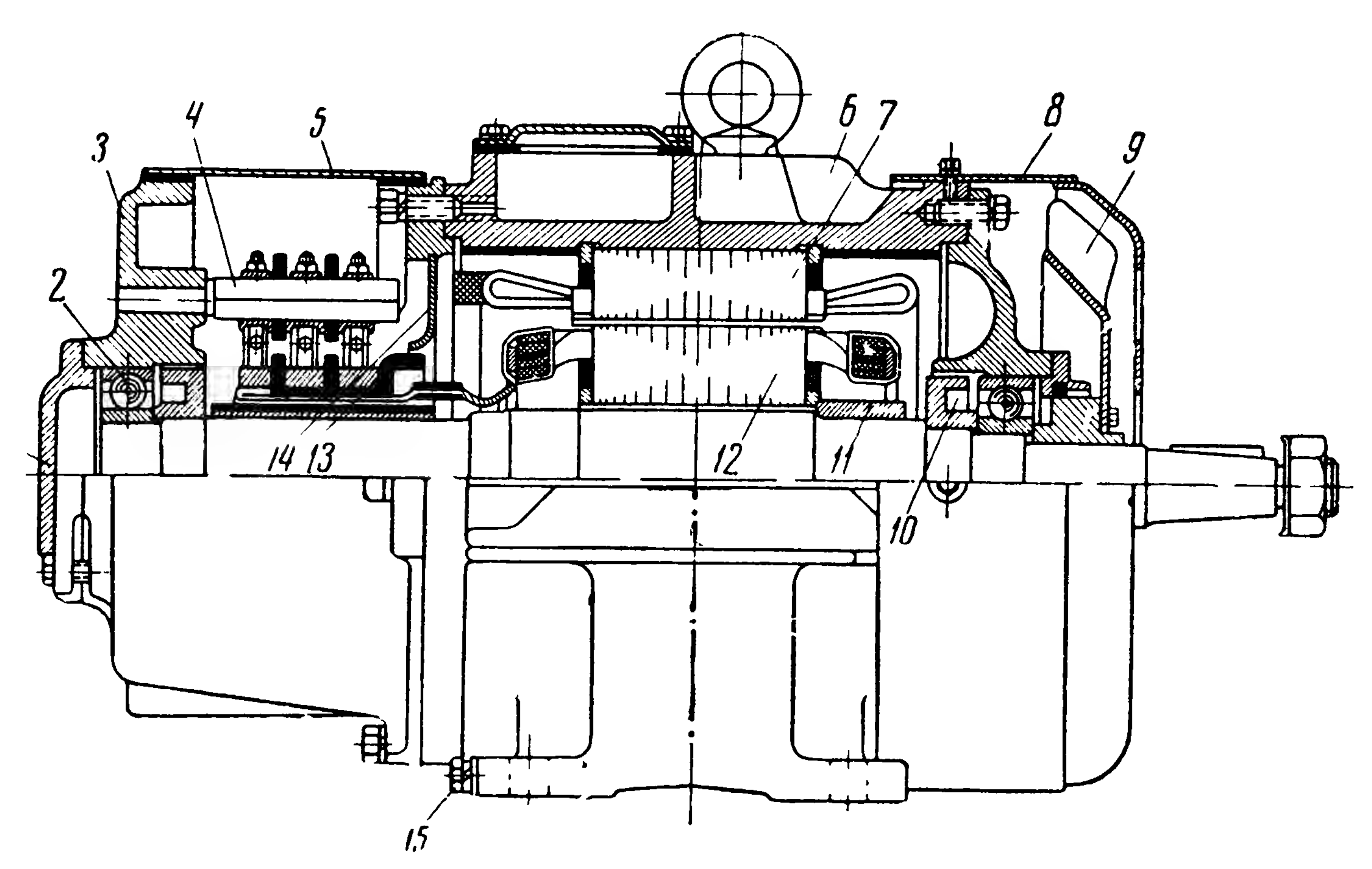



Рис. 157. Крановый двигатель трехфазного тока МТ

с любой стороны полного вращающего момента. Над контактными кольцами стоят щеткодержатели, укрепленные на пальце *4*, конец которого запрессован в стенку подшипникового щита *3*. Для обслуживания щеткодержателей в подшипниковом щите имеется люк, закрытый крышкой *5*. Для защиты двигателя от угольной пыли между кольцами и внутренним пространством двигателя помещается перегородка *14*. Щеткодержатели через контроллер соединяются с пусковыми и регулировочными сопротивлениями. В крановых двигателях нет приспособлений для замыкания колец и подъема щеток, так как пользоваться ими из кабины крановщик не может. Поэтому крановые двигатели работают с постоянно налегающими на кольца щетками.

Крановые двигатели МТ закрытого типа, поэтому внутреннее пространство двигателя изолировано от окружающего воздуха. Для отвода тепла от станины на конце вала надет вентилятор *9*, защищенный кожухом из листовой стали *8*. Воздух забирается вентилятором через отверстия в днище кожуха и прогоняется между ребрами станины *6*, которые служат для увеличения поверхности охлаждения. Благодаря внешнему обдуву

станины удалось значительно уменьшить размеры и вес двигателя по сравнению с закрытым, не обдуваемым исполнением. Болт *15* служит для соединения станины с сетью заземления.

Каждый крановый электродвигатель оборудован электромагнитным тормозом, который останавливает ротор двигателя в момент выключения тока. Это нужно для того, чтобы груз, поднятый крюком крана, не мог опускаться вниз после остановки электродвигателя подъема, а тележка и ферма крана не могли двигаться по инерции после остановки электродвигателей передвижения. Тормозные колодки захватывают шкив на конце вала электродвигателя сразу после его отключения и отпускаются при включении электродвигателя. Тормозные колодки приводятся в действие от тормозных электромагнитов.

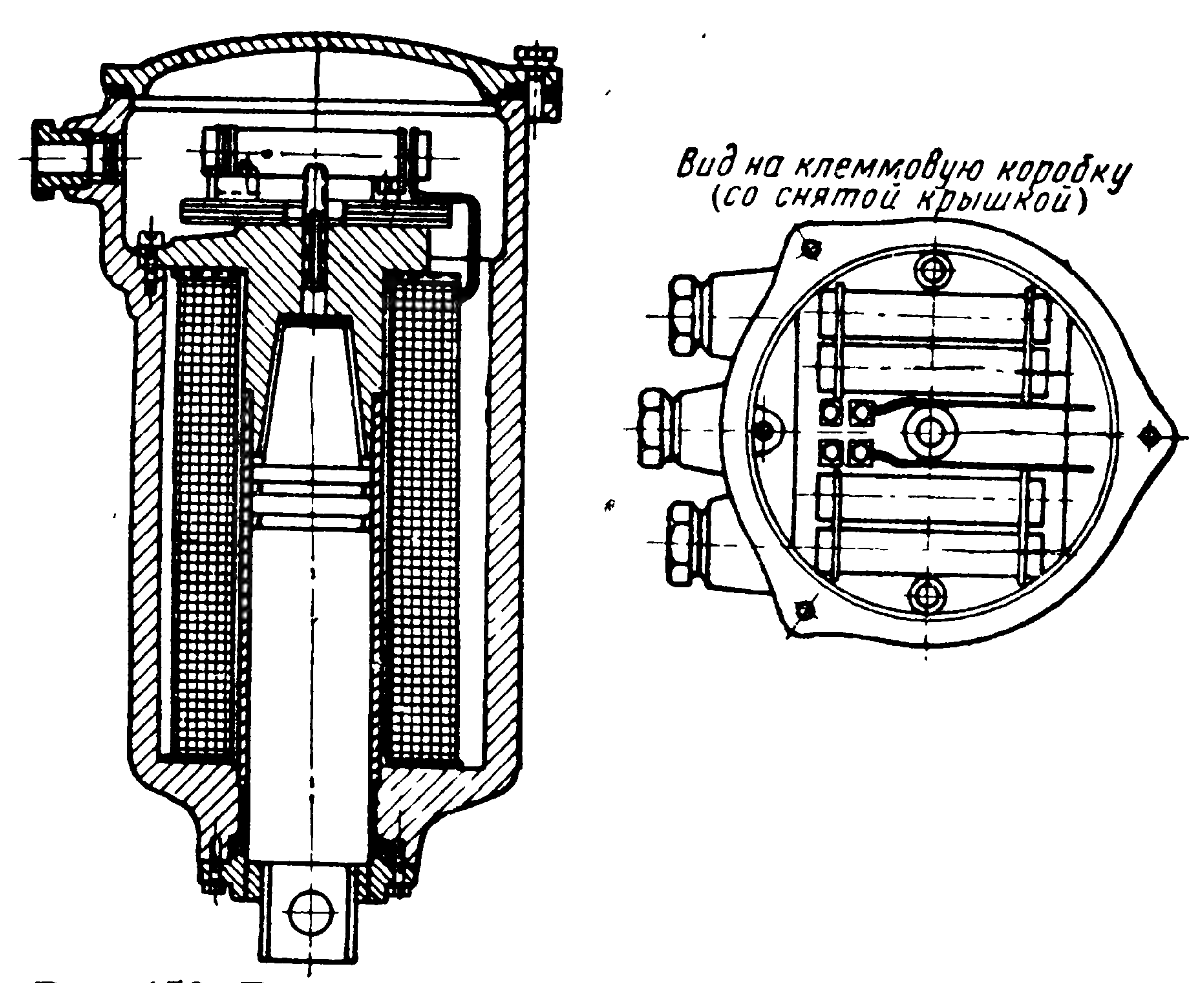



Рис. 158. Тормозной электромагнит постоянного тока

На рис. 158 изображен в разрезе тормозной электромагнит постоянного тока. Он работает по принципу соленоида. При включении тока стальной сердечник электромагнита втягивается внутрь катушки и отпускает колодки тормоза. При отключении тока втягивающее действие катушки прекращается, и колодки захватывают шкив электродвигателя под действием пружин. Для смягчения ударов при втягивании сердечника используют воздух, сжимаемый сердечником. Регулировка сжатия воздуха производится при помощи демпферного винта, который регулирует скорость выхода воздуха. Во избежание магнитного прилипания сердечника к демпферному болту между ними проложена шайба из немагнитного материала. Для предохранения изоляции катушки от пробивания экстратоком служит разрядное сопротивление, на которое замыкается катушка при выключении.

Электромагниты трехфазного тока выполняют с тремя катушками в соответствии с числом фаз. Сердечники электромагнитов трехфазного тока во избежание нагревания от вихревых токов собирают из тонких листов электротехнической стали, изолированных один от другого. Конструкция электромагнита трехфазного тока изображена на рис. 159. Для смягчения ударов служит воздушный поршень, расположенный в нижней части корпуса электромагнита. Электромагнит крепится при помощи имеющихся на корпусе лапок с отверстиями для крепежных болтов.

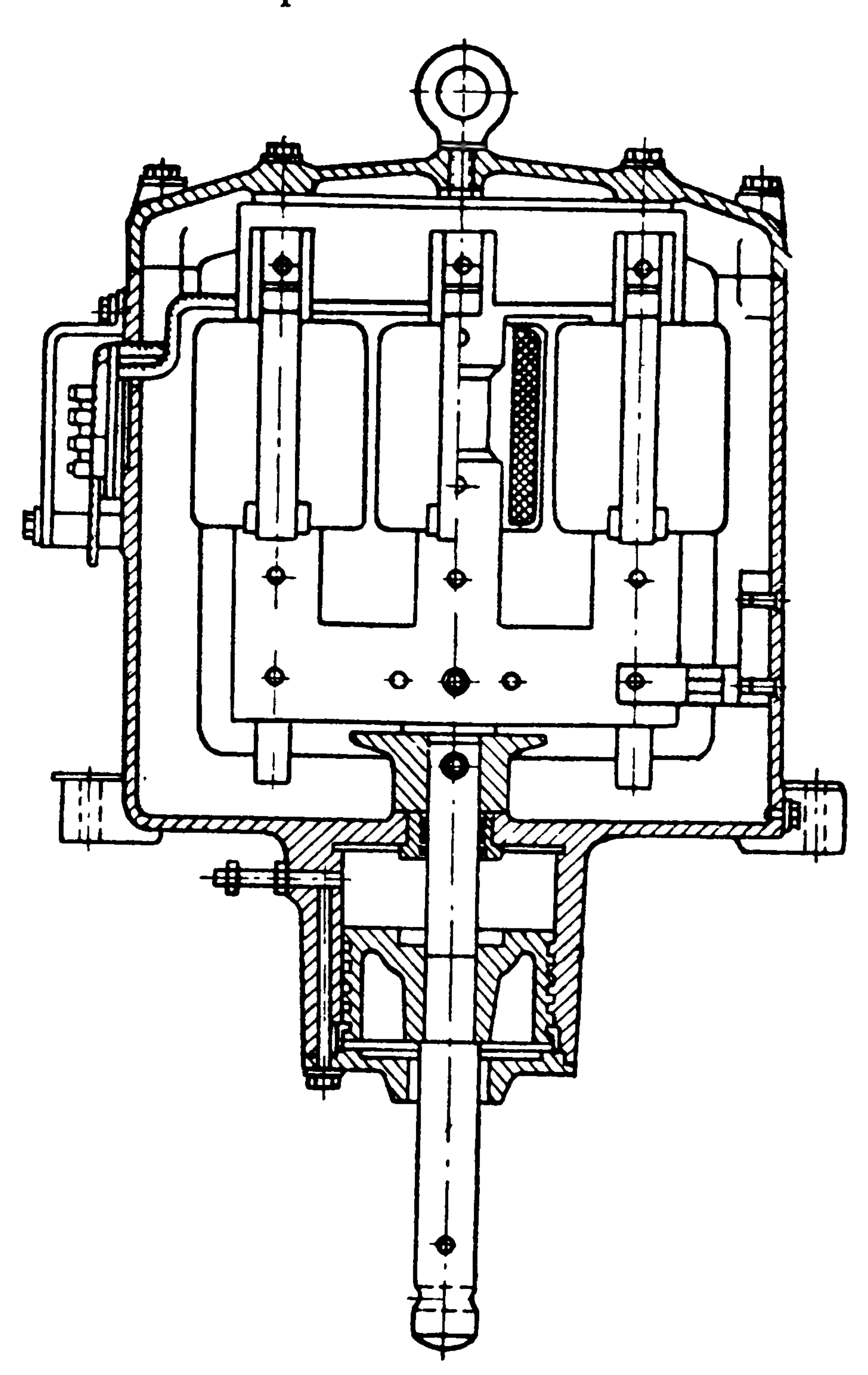


Рис. 159. Тормозной электромагнит трехфазного тока

После окончания монтажа крана он должен быть опробован. Во время опробования проверяется исправность как электрической, так и механической частей крана. При этом проверяется правильность электрической схемы на всех позициях контроллеров. Механическая прочность испытывается при подъеме пробных грузов. Пусковое опробование производится в присутствии комиссии, составляющей соответствующий акт, без которого кран не может быть сдан в эксплуатацию. Контрольные испытания крана в процессе его эксплуатации производятся периодически, о чем делается специальная надпись на доске, прикрепленной на кране, и в паспорте.

## § 6. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для дуговой сварки применяется как постоянный, так и переменный ток. Сварочная дуга питается постоянным током при помощи специальных агрегатов, состоящих из двигателя и генератора. В качестве двигателя может быть применен как двигатель внутреннего сгорания, так и электродвигатель. В зависимости от назначения агрегата и условий работы с ним он может быть смонтирован или неподвижно или на тележке. В обоих слу-

чаях двигатель и генератор устанавливают на раме, и концы валов их соединяют при помощи муфты. До соединения муфты концы валов должны быть выверены при помощи контрольных скоб, как было показано на рис. 154.

К раме генератора обычно прикрепляется щиток с вольтметром и амперметром для контроля за напряжением генератора и его нагрузкой. Над генератором располагается барабан с намотанным на него кабелем для питания сварочного поста.

Электрическая дуга переменного тока питается от сварочных трансформаторов, которые, как правило, монтируются на передвижной тележке для удобства перемещения трансформатора к сварочному посту. Соединение трансформатора со свариваемым предметом и с электродом производится при помощи гибкого кабеля с резиновой изоляцией.

Сварку толстых листов производят на автоматических аппаратах для сварки под слоем флюса по методу акад. Патона.

Аппарат для автоматической сварки представляет собой довольно сложный агрегат, так как, помимо источника питания в виде трансформатора, он имеет несколько двигателей, которые служат для подачи электрода и для передвижения тележки аппарата вдоль сварочного шва. Поэтому при монтаже агрегата надо тщательно ознакомиться со схемой и выполнить все соединения в соответствии с ней. В зависимости от расположения шва головка электрода может быть помещена вертикально или наклонно.

Аппараты для контактной сварки обычно поставляют в собранном виде. Монтаж аппарата заключается в укреплении его на фундаменте при помощи болтов. Для этого в корпусе аппарата имеются соответствующие отверстия.

Ввиду того что сварочный трансформатор встроен в аппарат, присоединение его к линии производится при помощи двух проводов для питания первичной обмотки однофазного трансформатора.

Если аппарат работает с автоматическим прерывателем, то последний монтируется отдельно и включается между линией и сварочным агрегатом. Электроды аппаратов для контактной сварки имеют водяное охлаждение. Вода протекает сквозь пустотелые электроды. В этом случае до включения аппарата необходимо соединить его с водопроводной сетью при помощи резинового шланга. Шланги надеваются на штуцеры аппарата и закручиваются мягкой проволокой для создания требуемого уплотнения.

При приемке в эксплуатацию сварочных агрегатов проверяется наличие предохранителей со стороны питающей сети, надежность заземления корпусов и надежность изоляции переносных проводов, подводящих ток к электродам.

## § 7. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ ПРИ МОНТАЖЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

При такелажных работах применяются пеньковые и проволочные канаты. Правильный выбор каната имеет большое значение в отношении безопасности работающих и целости машин и их деталей. Допускается пользование пеньковыми канатами при грузах весом до 1200 *кг*. Пеньковые канаты изготовляются из чесаной пеньки. Сначала волокна пеньки свивают в шнуры, из которых затем свиваются пряди. Канаты получаются от свивания трех-четырех прядей.

При подъеме больших грузов применяются стальные проволочные канаты, состоящие из прядей, свитых из отдельных проволок. Для большей гибкости и эластичности пряди свиваются вокруг пенькового сердечника.

Кроме пеньковых и стальных канатов, при монтаже применяются также цепи главным образом сварные, а иногда пластинчатые шарнирные. При монтажах используют преимущественно короткозвенные цепи для уменьшения диаметров блоков и барабанов.

Грузы прикрепляют к крюку подъемного приспособления при помощи пеньковых или проволочных канатов, концы которых выполняются в виде различных петель и узлов, называемых стропами, а само подвязывание груза застропливанием. Узлы и петли должны легко надеваться на крюк и сниматься с него, не развязываться под действием груза, а лишь затягиваться.

Грузоподъемные механизмы снабжают однорогими и двурогими крюками. На каждом крюке выбивается клеймо с указанием грузоподъемности. Кроме того, крюк должен иметь паспорт, удостоверяющий соответствие материала техническим условиям.

Для подъема электрических машин и аппаратов в них ввертывают подъемные кольца (рымы), допускаемая нагрузка для которых определяется внутренним диаметром резьбы. При подъеме машин, имеющих два подъемных кольца, следует учитывать, что допускаемая нагрузка под углом 30° к вертикали почти в два раза меньше, чем нагрузка в вертикальном направлении. Поэтому между стропами вставляют распорку, а для тяжелых машин применяют специальные траверсы, подвешиваемые к крюку крана (рис. 160).

При отсутствии мостовых кранов пользуются переносными грузоподъемными механизмами, к числу которых относятся блоки, полиспасты, тали и дифференциальные блоки. Действие их основано на том, что за счет уменьшения скорости передвижения груза получается выигрыш в силе. Благодаря этому один человек может поднять груз в несколько тонн. На рис. 161 показан подъем на фундамент электродвигателя при помощи диф-

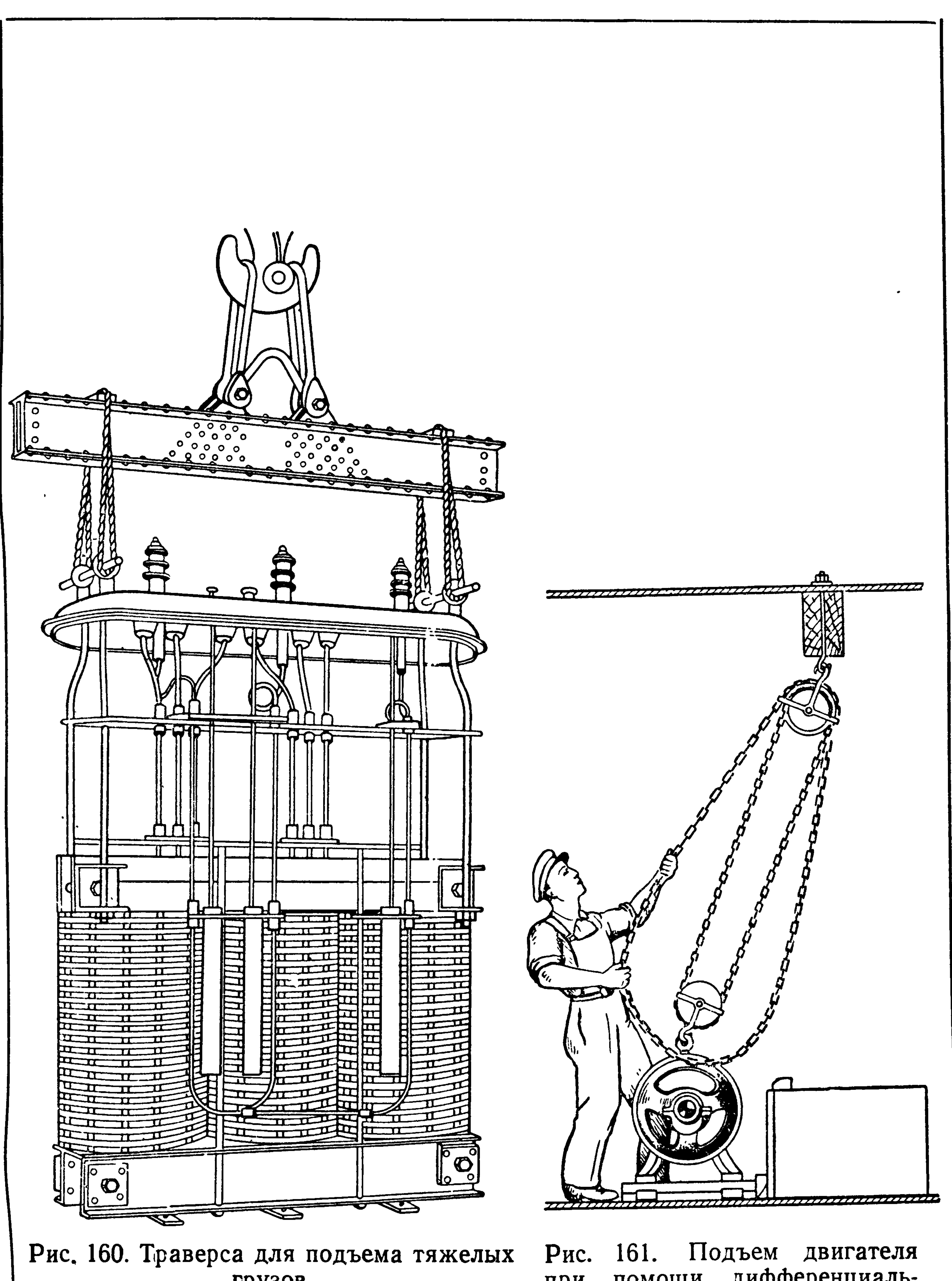


Рис. 160. Траверса для подъема тяжелых грузов

Рис. 161. Подъем двигателя при помощи дифференциального блока

ференциального блока с цепной передачей. Для горизонтального передвижения грузов применяют также ручные лебедки.

При подъеме на небольшую высоту применяют домкраты, которые по конструкции разделяются на реечные, винтовые и гидравлические.

На рис. 162 показано устройство винтового домкрата. При качании рукоятки *6* храповик *5* поворачивает ходовой винт *3*, который вывинчивается из гайки *2*, закрепленной в основании *1*, при этом упор *4* поднимает груз. С помощью домкратов можно увеличить высоту подъема груза, если пользоваться временными фундаментами из деревянных брусьев. Переставляя домкраты с уровня пола на подложенные брусья, можно в несколько приемов поднять груз на довольно большую высоту.

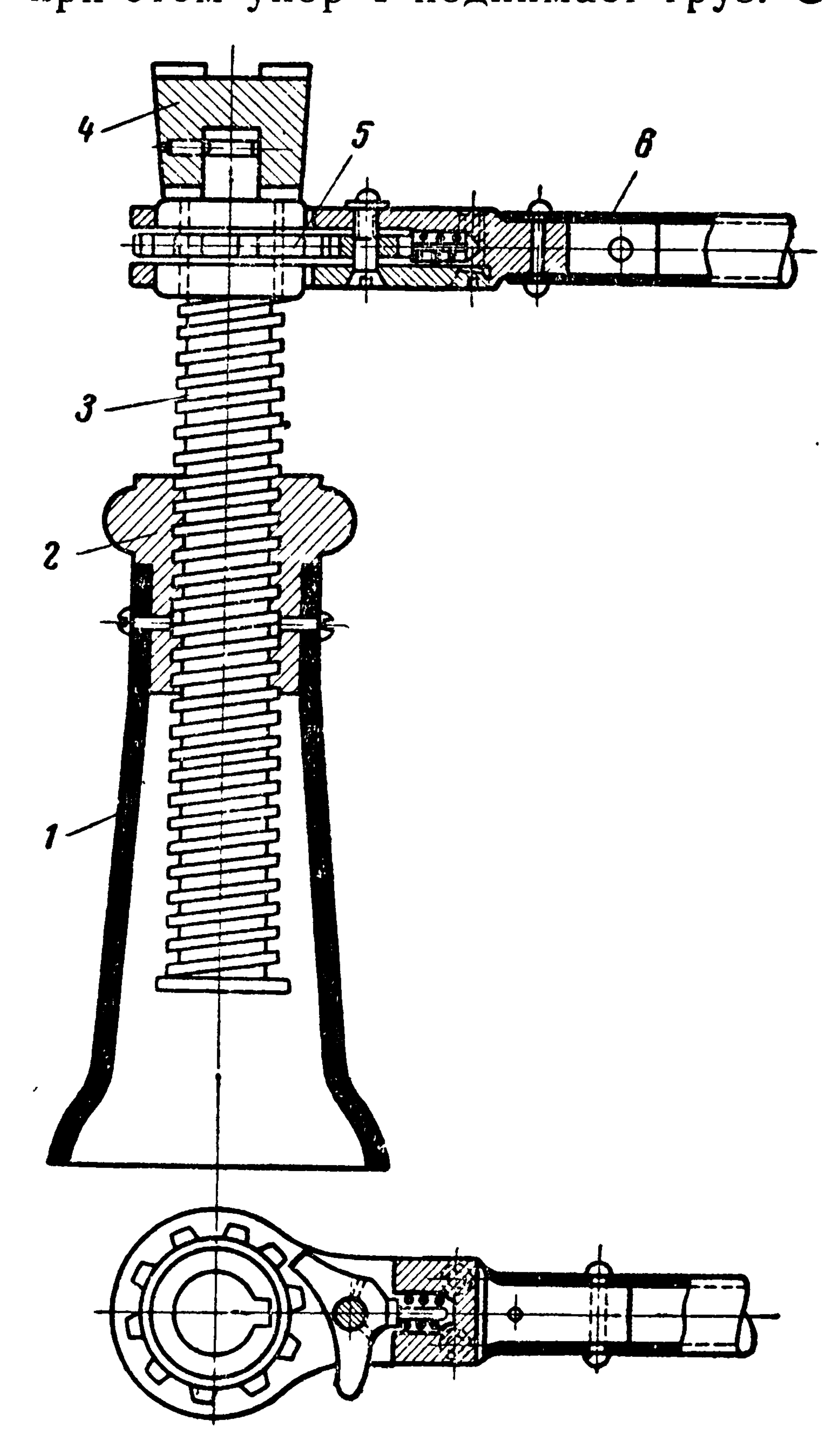



Рис. 162. Винтовой домкрат

При монтаже электрических машин и других объектов оборудования требуется соблюдать специальные правила во избежание несчастных случаев с работающими и повреждения монтируемых объектов. Эти требования сводятся в основном к следующему:

1) при работе с подъемными приспособлениями необходимо следить, чтобы они находились в полной исправности;

2) необходимо вести учет всех подъемных механизмов, крюков, стропов, канатов с отметкой времени сдачи в эксплуатацию, периодических испытаний и актов о годности;

3) необходимо осуществлять периодический осмотр и испытание всех подъемных механизмов и проверять при этом допустимую нагрузку; нельзя перегружать подъемное оборудование выше норм;

4) при монтаже должно быть выделено ответственное лицо

по подъемным механизмам, которому обязан подчиняться весь персонал, обслуживающий их;

5) перед подъемом груза необходимо заранее узнать его вес, убрать с него все положенные предметы; груз не должен висеть на крюке дольше необходимого времени;

6) под переносимым грузом не должны находиться люди;

7) рымы, за которые поднимается груз, следует предварительно осмотреть;

8) если канат касается острых выступов, то в этих местах должны быть проложены подкладки из мягкого материала;

9) при подъеме груза не допускается быстрый отрыв его от земли во избежание раскачивания приподнятого груза;

10) не допускается подъем груза, находящегося за пределами действия крана, путем волочения его по полу.

---

## *Глава XIV*

# ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ПРОИЗВОДСТВА

## § 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТРУДА

Государственное социалистическое промышленное предприятие является первичным звеном отрасли промышленности, выпускающим продукцию, необходимую для удовлетворения растущих потребностей народного хозяйства. Задача социалистического предприятия заключается в выполнении и перевыполнении установленного для него государственного плана с одновременным улучшением качества изготовляемой продукции, снижением ее стоимости и повышением производительности труда. Для этого управление предприятием строится по принципам плановости, единоначалия, участия масс в управлении производством, единства политического и хозяйственного руководства, хозяйственного расчета, подбора кадров и проверки исполнения.

Важнейшим фактором, ускорившим развитие народного хозяйства, явилась перестройка управления промышленностью и строительством. За короткий период работы совнархозов проявились огромные преимущества новой формы управления промышленностью. Повысились темпы роста промышленной продукции, значительно улучшилось использование внутренних резервов производства, возросла инициатива и активность рабочего класса, инженерно-технических кадров, еще более широкий размах получило социалистическое соревнование за выполнение государственных планов.

Основные требования, предъявляемые к построению аппарата управления предприятием, состоят в следующем: простота, немногочисленность управленческого аппарата и устранение многозвенности. В нормальной схеме управления крупным предприятием предусматривается три звена: директор — начальник цеха — мастер участка. Для сокращения численности цехового аппарата на заводах производится объединение мелких цехов. В целях упрощения структуры управления и ликвидации лишних звеньев вводится система бесцехового управления производством.

Производительность труда и качество продукции во многом зависят от рациональной организации рабочего места. Рабочим местом называется участок цеха или мастерской, отведенный рабочему, со всеми необходимыми для работы инструментами и приспособлениями. Под организацией труда на рабочем месте подразумеваются следующие мероприятия: подготовка рабочего места, осмотр, проверка, регулировка и смазка оборудования, ознакомление с заданием, проверка материалов и заготовок, подготовка необходимых инструментов и приспособлений, прием рабочего места перед работой и сдача его после работы.

Большую роль в повышении производительности труда играет своевременное оснащение рабочего места. Например, если электрослесарь производит паяние периодически нагреваемым паяльником, то значительная часть времени затрачивается им на переноску паяльника к месту работы и обратно к нагревательной печи. При работе электрическим или дуговым паяльником, которыми можно пользоваться непрерывно, значительно возрастает производительность труда. Одновременно улучшается качество работы, так как электрические паяльники обеспечивают неизменный тепловой режим.

Процесс производства любого изделия в машиностроении расчленен между заготовительными, обрабатывающими и сборочными цехами. Наиболее передовой формой организации производства является поточный метод производства. Он заключается в непрерывном движении деталей от одного рабочего места к другому для достижения минимальной продолжительности производственного цикла, обеспечения полной загрузки рабочих мест и их работы без перерывов и простоев. Поточное производство позволяет значительно повысить производительность труда, снизить себестоимость продукции и повысить культуру производства. Высшей стадией поточного производства являются автоматические поточные линии, на которых установлено автоматическое оборудование.

В контрольных цифрах развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. указано, что главной задачей на ближайшие годы является завершение комплексной механизации производственных процессов. Следует переходить от автоматизации отдельных агрегатов, установок к комплексной автоматизации, к созданию полностью автоматизированных цехов, технологических процессов и предприятий. В 1965 году будет выпущено автоматических и полуавтоматических поточных линий 280—300 комплектов, т. е. в 2,1—2,3 раза больше, чем в 1958 г.

В социалистическом обществе автоматизация производственных процессов имеет не только экономическое, но и большое политическое значение. При автоматизации коренным образом меняется характер труда, повышается культурно-технический уровень рабочих, создаются условия для ликвидации различия между умственным и физическим трудом.

На каждом социалистическом предприятии крупнейшая роль принадлежит общественно-политическим организациям и в первую очередь партийной организации. Партийные и профсоюзные организации мобилизуют массы на выполнение производственного плана, укрепление трудовой дисциплины и развитие социалистического соревнования, оказывают помощь новаторам производства и инициаторам новых методов высокопроизводительной работы.

В решениях XXI съезда КПСС подчеркнута роль профсоюзов в деле привлечения рабочих к участию в управлении производством. Профсоюзные организации участвуют в планировании и регулировании заработной платы рабочих и служащих, следят за правильностью тарификации и расчетов заработной платы, контролируют состояние охраны труда и техники безопасности на предприятиях, от имени коллектива предприятия заключают с администрацией коллективные договоры и следят за их выполнением.

Основной движущей силой в области организации труда, в применении и создании более совершенных инструментов и приспособлений, рационализации технологического процесса, скоростных приемов изготовления деталей является социалистическое соревнование. История развития социалистического соревнования в нашей стране является ярким подтверждением глубокой научной обоснованности ленинского учения о социалистическом соревновании как созидательной творческой, движущей силе и неиссякаемом источнике развития советского общества.

Важное место в социалистическом соревновании занимает борьба за повышение качества продукции. На многих предприятиях развилось соревнование за звание отличников по качеству, в которое включаются отдельные рабочие и бригады, мастера, технологи и конструкторы заводов.

В период подготовки к XXI съезду КПСС по почину комсомола широко развернулось новое патриотическое движение за создание бригад коммунистического труда. Члены бригад коммунистического труда находят новые возможности для роста производительности труда. Они не только применяют новую технику, вводят автоматизацию, вносят рационализаторские предложения, экономят материалы, повышают культуру производства, но и совершенствуют свое умение управлять техникой, повышают уровень своих знаний, своего технического и общего образования, овладевают смежными профессиями. Требования к себе члены бригад коммунистического труда предъявляют не только на производстве, но и в быту, обязуясь всюду быть безупречными, заботиться прежде всего об интересах общества.

Рационализация технологического процесса и приемов работы производится путем составления технологических карт, в основе которых лежит отделение подготовительных операций от основных, благодаря чему сокращаются непроизводительные за-

траты времени и повышается производительность труда. Заготовка разного рода вспомогательных материалов должна производиться на заготовительных участках и выдаваться на рабочее место по установленным нормам расхода на единицу изделия.

Рационализация рабочих приемов слесарями-новаторами заключается в том, что устраняются лишние движения путем группировки отдельных операций и механизации их. Например, притирка щеток не производится самим электрослесарем вручную в процессе сборки машины, а осуществляется на самостоятельном участке при помощи шлифовального барабана, приводимого во вращение электродвигателем. Замена ручного труда механической обработкой дает большое повышение производительности труда. Например, если втулка подшипника после заливки баббитом и проточки подверглась обработке на станке при помощи развертки, то на ручное шабрение остаются минимальные припуски и процесс намного ускоряется.

Огромное значение имеет совмещение профессий. В процессе ремонтных и монтажных работ имеется много операций, которые не могут полностью занять рабочего соответствующей специальности. Например, при ремонте механических деталей электрической машины может потребоваться устранение незначительной неисправности в обмотке, которую выполняет электрослесарь, совмещая профессию обмотчика. Электрослесарь, овладевший знаниями и навыками токаря, может, например, сам проточить коллектор на станке.

## § 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ И ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА

Контрольными цифрами развития народного хозяйства на 1959—1965 гг. намечается значительный рост производительности труда, являющийся решающим фактором в развитии производства и повышении благосостояния трудящихся.

Рост производительности труда в промышленности в 1959—1965 гг. в расчете на одного работающего намечается на 45—50%, а с учетом сокращения продолжительности рабочего дня часовая выработка увеличится еще больше. В 1965 г. три четверти прироста промышленной продукции будет получено за счет повышения производительности труда.

Важнейшее значение для дальнейшего роста производительности труда имеет техническое нормирование. Задачей технического нормирования является установление времени выполнения заданной работы и определение правильности технологического процесса для наименьших затрат и минимального срока выполнения. Техническое нормирование неразрывно связано с проектированием технологических процессов, так как экономически обосновывает их выбор. Техническое нормирование имеет решающее значение для правильной организации заработной платы и планирования производства.

Для организации технического нормирования большое значение имеет качество норм. Норма может быть качественной только в том случае, если она технически обоснована. Ее необходимо устанавливать на основе проверки производственных возможностей цеха или предприятия, тщательного изучения действующих режимов работы оборудования, а также путем хронометража и фотографирования продолжительности ручных работ.

Существует два вида норм: норма времени и норма выработки. Под технической нормой времени понимают время, необходимое и достаточное в данных организационно-технических условиях при современном уровне техники и передовых методах для выполнения какой-нибудь определенной работы. Норма выработки представляет величину, обратную норме времени. Это количество изделий, подлежащих изготовлению за единицу времени, например за час или за смену.

Изучению рабочего времени в техническом нормировании уделяют значительное место. Рабочее время подразделяется на время работы, т. е. время, в течение которого осуществляется технологический процесс, и время «неработы», т. е. время, в течение которого технологический процесс по каким-либо причинам не осуществляется. В свою очередь время работы состоит из времени производительной работы и времени непроизводительной работы.

Время производительной работы составляется из трех периодов: времени оперативной работы, подготовительно-заключительного на партию деталей и обслуживания рабочего места. В свою очередь оперативное время состоит из основного времени, в течение которого происходит процесс снятия стружки на станке, и вспомогательного времени, затрачиваемого на установку и снятие детали, подвод и отвод инструмента и т. д. Подготовительно-заключительное время затрачивается на установку и снятие приспособления и инструментов, применяемых при обработке данной партии деталей, наладку оборудования и сдачу деталей. Ко времени обслуживания рабочего места относится подготовка и уборка станка, смазка, перестановка инструмента ввиду его затупления.

Время непроизводительной работы затрачивается на заточку инструмента, мелкие исправления станка, получение и сдачу чертежей, хождение к мастеру за вспомогательными рабочими, за транспортными средствами и т. д.

Время «неработы» составляется из простоев и перерывов в работе. Простоем называется время, затрачиваемое на ожидание устранения причин, которые приостановили технологический процесс, например ожидание ремонта станка, получения материалов, энергии, прихода наладчика.

При правильной организации труда нецелесообразные потери рабочего времени сводятся к минимуму.

Машинное время станочных работ рассчитывается по форму-

лам на основании запроектированных рациональных и высокопроизводительных режимов резания, которые выбираются в зависимости от размеров и конфигурации детали, ее материала, материала режущего инструмента, требуемых точности и чистоты поверхностей и станка, на котором будет производиться работа. Вспомогательное время определяется по специальным таблицам.

При выполнении слесарных и монтажных работ значительное число операций производится вручную или с применением простейших приспособлений и инструментов. При нормировании ручных работ пользуются нормативами, т. е. нормами времени на выполнение отдельных операций, из которых складывается технологический процесс. Как основное, так и вспомогательное время состоят главным образом из ручной работы, поэтому нормы времени и нормативы определяются на базе хронометражных наблюдений производственных операций. Время, необходимое для каждой операции, в значительной степени зависит от квалификации рабочего, организации рабочего места, содержания и последовательности трудовых приемов.

При составлении нормативов на слесарные и монтажные работы сначала изучают действующую технологию. Затем производят подбор сводных нормировочных карт и систематизируют их по технологии и нормам времени. На основе этого устанавливают наиболее целесообразный процесс выполнения отдельных операций, разбивают его на составные части и устанавливают нормативы на выполнение различных приемов. Составленные нормативы проверяют повторным хронометрированием. При установлении норм времени должны учитываться организация и оборудование рабочих мест.

Техническое нормирование необходимо для организации заработной платы, так как наиболее распространенный и лучший вид заработной платы — индивидуальная сдельная оплата — основан на технических нормах времени. В социалистическом обществе заработок каждого рабочего при сдельной оплате труда находится в прямой зависимости от количества и качества его работы.

Разновидностями сдельной оплаты являются следующие.

Прямая сдельная система заработной платы, при которой каждая единица выработанной продукции оплачивается по одинаковым расценкам независимо от степени выполнения и перевыполнения установленной нормы.

Сдельно-прогрессивная система заработной платы, при которой продукция, выполненная сверх нормы, оплачивается по повышенным расценкам.

Сдельно-премиальная система, при которой прямая сдельная оплата дополняется премиями за определенные показатели (экономия топлива, электроэнергии, снижение брака и т. п.).

В тех случаях, когда работа не поддается нормированию, применяется повременная система заработной платы, при которой заработок определяется тарифной ставкой, умноженной на количество проработанных часов. Чтобы материально заинтересовать работников, повременная система оплаты дополняется премиями (повременно-премиальная система). Так, например, рабочим ремонтной службы премия выплачивается за каждый процент уменьшения простоя оборудования на ремонте, а также в том случае, когда оборудование содержится ими в хорошем и отличном состоянии. Наладчикам оборудования премия выплачивается за выполнение и перевыполнение плана, а также за отсутствие на данном участке рабочих, не выполняющих норм выработки.

## § 3. ПЛАНИРОВАНИЕ И ХОЗРАСЧЕТ

Социалистический способ производства характеризуется планомерным, пропорциональным развитием народного хозяйства. Крупное обобществленное социалистическое производство не может развиваться вне общего плана.

Ленинские идеи планирования народного хозяйства были положены Коммунистической партией в основу пятилетних планов, успешное осуществление которых обеспечило высокие темпы развития экономики и превращение в короткий срок нашей страны в могучую социалистическую индустриально-колхозную державу.

В современных условиях, когда народное хозяйство Советского Союза находится на новом этапе развития, Коммунистическая партия на XX съезде выдвинула задачу разработки перспективного плана на более длительный срок. Главные направления этого плана на ближайшие 15 лет были изложены на сессии Верховного Совета СССР, посвященной сорокалетию Великой Октябрьской социалистической революции.

Контрольные цифры развития народного хозяйства на 1959—1965 гг. являются составной частью этого перспективного пятнадцатилетнего плана. В период 1959—1965 гг. будет выполнена значительная часть программы, предусмотренной на 15 лет.

Развернутая программа производственной, организационной, технической и хозяйственной деятельности предприятия, в основе которой лежат контрольные цифры на годовой период с разделением по кварталам и которая обеспечивает безусловное выполнение государственного задания по выпуску продукции и прочим технико-экономическим показателям, называется техпромфинпланом предприятия. Получаемые заводом от отраслевого управления цифры распределены по следующим показателям: 1) выпуск продукции в натуральном и ценностном выражении; 2) освоение новых видов продукции; 3) рост производи-

тельности труда; 4) рост средней заработной платы в соответствии с ростом производительности труда; 5) снижение себестоимости продукции; 6) объем капитальных вложений, которые выделяются для расширения производственных мощностей, обеспечивающих рост производства.

Себестоимость промышленной продукции представляет собой денежное выражение затрат предприятия на изготовление и реализацию производимых этим предприятием изделий. Себестоимость в условиях социалистического хозяйства представляет собой важнейший народнохозяйственный показатель, отражающий технический уровень и производственно-хозяйственную деятельность предприятия, в частности, производительность труда, степень использования средств производства и уровень заработной платы.

Производство является рентабельным, если себестоимость продукции ниже отпускных цен на нее.

Затраты на производство промышленной продукции, определяющие заводскую себестоимость единицы продукции, подразделяются на три группы: 1) прямые затраты, в которые входят затраты на сырье и полуфабрикаты, технологическое топливо и энергия, основная и дополнительная заработная плата основных и вспомогательных рабочих; 2) косвенные затраты, состоящие из затрат на заработную плату обслуживающим рабочим и инженерно-техническим работникам, энергию и топливо на освещение, отопление и вентиляцию, ремонт оборудования; 3) издержки по внедрению новых конструкций и новых производств.

Снижение себестоимости промышленной продукции определяется как общими народнохозяйственными условиями производства, так и внутрипроизводственными факторами.

В соответствии с намеченным объемом производства и ростом производительности труда предусматривается снижение себестоимости промышленной продукции в 1959—1965 гг. в сравнимых ценах примерно на 11,5%.

Главнейшими внутрипроизводственными факторами, влияющими на снижение себестоимости, являются следующие: повышение производительности труда, технический прогресс, уменьшение затрат сырья и материалов на единицу продукции, мероприятия по экономии электроэнергии и топлива, снижение затрат на обслуживание производства и управление, ритмичная работа предприятия, ускорение оборачиваемости оборотных средств и повышение качества продукции.

Основная задача промышленных предприятий состоит в том, чтобы обеспечить выполнение и перевыполнение планов производства при наиболее экономном и рациональном использовании всех трудовых, материальных и денежных ресурсов. Это достигается последовательным проведением режима экономии, сущность которого заключается в сбережении в интересах всего

общества рабочего времени, материальных и денежных средств во всех звеньях народного хозяйства.

Важнейшим средством осуществления режима экономии является хозяйственный расчет, который представляет собой метод планового ведения хозяйства социалистических предприятий. На хозяйственном расчете в настоящее время находятся все промышленные предприятия. Он обеспечивает соблюдение принципа личной материальной заинтересованности работников в результатах своего производства.

---

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Баптиданов Л. Н. и Тарасов В. И. Электрические станции и подстанции. Госэнергоиздат, 1958.

Виноградов Н. В. Обмотчик электрических машин. Трудрезервиздат, 1958.

Ган В. Н. Экономика и организация производства в электротехнической промышленности. Госэнергоиздат, 1958.

Геращенко Г. В. Справочное руководство по изготовлению катушек электроаппаратов. Госэнергоиздат, 1958.

Люблин И. С. Генераторы и трансформаторы для дуговой сварки. Машгиз, 1957.

Ривлин Л. Б. Монтаж крупных электрических машин. Госэнергоиздат, 1956.

Тун А. Я. и Иванов А. О. Наладка электрических аппаратов и машин в схемах электропривода. Госэнергоиздат, 1958.

Правила устройства электроустановок, раздел 1. Госэнергоиздат, 1957.

Правила техники безопасности при эксплуатации электротехнических установок промышленных предприятий. Госэнергоиздат, 1954.

Правила технической эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. Госэнергоиздат, 1951.

Справочник электромонтера, выпуск второй. Госэнергоиздат, 1957.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава XI. **Ремонт трансформаторов**



Глава XII. **Ремонт обмоток электрических машин**



Глава XIII. **Монтаж электрического оборудования**



Глава XIV. **Организация и экономика производства**



Виноградов Николай Владимирович

ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЬ ПО РЕМОНТУ И МОНТАЖУ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

* * *

Научный редактор *Румянцев Н. В.*
Редактор *Березовская А. Л.*
Технический редактор *А. М. Токер*
Корректоры: *Элькинд С. Г.* и *Добрянская М. М.*

А-05130. Сдано в набор 11/V—1959 г. Подп. к печ. 9/VI—1959 г.
Формат бум. 60×92/16—19,25 п. л. В 1 п. л. 38 800 зн. Уч.-изд. л. 18,64.
Уч. № 13/4252. Тираж 75 000. Цена 5 р. 70 к.

Тип. Трудрезервиздата, Москва, Хохловский пер., 7. Зак. 596.

## ОПЕЧАТКИ

| Страница | Строка | Напечатано | Следует читать |
|---|---|---|---|
| 55 | 10 и 11 снизу | $n = 1500 - 0{,}04 \cdot 1500 - - 1400$ об/мин. | $n = 1500 - 0{,}04 \cdot 1500 = = 1440$ об/мин. |
| 162 | 3 и 4 сверху в 1 колонке табл. 8 | с повышенной окружностью тока | с повышенной плотностью тока |
| 164 | 12 и 13 сверху | канавки *6* | канавки *7* |
| 210 | 14 снизу | $h = 1{,}1D - 21d$ | $h = 1{,}1D - 2d$ |
| 255 | 1 снизу | $Q = \frac{3{,}14 \cdot D \cdot}{2p}$ *мм*² | $Q = \frac{3{,}14 \cdot D \cdot l}{2p}$ *мм*² |
| 256 | 18 снизу | $h_c = \frac{D_a - D}{} - h_n$ | $h_c = \frac{D_a - D}{2} - h_n$ |
| 267 | 5 сверху | рис. 147 | рис. 146 |

Зак. 596.

Цена 5 руб. 70 коп.